



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

# **Mišriapluoščių audinių apdailos įtaka vartojamosioms savybėms**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Lukas Simanavičius**

Projekto autorius

**doc. dr. Eglė Kumpikaitė**

Vadovė

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

# **Mišriapluoščių audinių apdailos įtaka vartojamosioms savybėms**

Baigiamasis magistro projektas  
Tekstilės inžinerija ir apdaila (6211FX007)

---

**Lukas Simanavičius**

Projekto autorius

**Doc. dr. Eglė Kumpikaitė**

Vadovė

**Prof. dr. Rimvydas Milašius**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2019**



**Kauno technologijos universitetas**

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Lukas Simanavičius

## **Mišriapluoščių audinių apdailos įtaka vartojamosioms savybėms**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Luko Simanavičiaus, baigiamasis projektas tema „Mišriapluoščių audinių apdailos įtaka vartojamosioms savybėms“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

---

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

---

(parašas)



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Studijų programa: 6211FX007 Tekstilės inžinerija ir apdaila

**MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS**

Studentui (-ei) Lukui Simanavičiui

*(Vardas, Pavardė)*

**1. Baigiamojo Projekto tema –**

Mišriapluoščių audinių apdailos įtaka vartojamosioms savybėms

*(Lietuvių kalba)*

Influence of Union Fabrics Finishing on End-use Properties

*(Anglų kalba)*

**2. Darbo tikslas ir uždaviniai –**

Darbo tikslas – nustatyti ir palyginti lininių / šilkinų audinių vartojamąsias savybes, taikant jiems skirtingas apdailos priemones.

Darbo uždaviniai:

1. Sudaryti apdailos technologines eigas ir režimus lininiams / šilkiniams audiniams.
2. Atlikti apdailos įtakos audinio išvaizdai lyginamąją analizę.
3. Nustatyti ir palyginti audinių po įvairių apdailų vartojamąsias savybes.
4. Pateikti rekomendacijas lininių / šilkinų audinių gamintojams, siekinat pagerinti audinių vartojamąsias savybes.

**3. Pradiniai baigiamojo projekto duomenys –**

Lininiai / šilkiniai dvisluoksnio pynimo audiniai, išausti iešminėmis Dronier audimo staklėmis TŪB „Klasikinė tekstilė“, metmenims ir ataudams naudojant lininius / šilkinus (70 % / 30 %) verpalus.

**4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –**

Sudaryti lininių / šilkinų audinių apdailos technologines eigas ir režimus, pagerinančius tiriamų audinių vartojamąsias savybes.

Studentas

*(Vardas, Pavardė)*

*(Parašas)*

*(Data)*

Baigiamojo projekto vadovas

*(Vardas, Pavardė)*

*(Parašas)*

*(Data)*

Krypties studijų programos  
vadovas

*(Vardas, Pavardė)*

*(Parašas)*

*(Data)*

Simanavičius Lukas. Mišriapluoščių audinių apdailos įtaka vartojamosioms savybėms. Magistro baigiamasis projektas vadovė doc. dr. Eglė Kumpikaitė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis : Polimerų ir tekstilės technologijos (F02), Technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: lininis / šilkinis audinys, svilvinimas, skaitmeninis spausdinimas, aktyviniai rašalai, pigmentiniai rašalai, atsparumas pumpuravimuisi, spalvos atsparumai, santraukos.

Kaunas, 2019. 53 p.

### **Santrauka**

Magistro baigiamajame projekte tyrinėjama lininio / šilkinio (70 % lino, 30 % šilko) audinio apdailos įtaka jo vartojamosios savybėms, kai audinys yra margintas skaitmeniniu būdu dviem skirtingais rašalų tipais, ir įprastai dažytas audinys, gautas dažant gaminius. Tai yra aktuali tema, kadangi viename audinyje yra derinami du skirtingos prigimtės natūralūs pluoštai – baltyminis natūralaus šilko pluoštas (gyvūninės kilmės) ir celiuliozinis lininis pluoštas (augalinės kilmės). Šie pluoštai pasižymi ne tik skirtinga prigimtimi, bet ir skirtingomis cheminėmis savybėmis. Todėl tinkamai parinkti apdailos technologines eigas mišriapluoščiams audiniams iš šių pluoštų verpalų yra gana sudėtinga. Dėl šios priežasties viena iš šio baigiamojo projekto užduočių yra sudaryti lininiam / šilkiniam audiniui apdailos technologines eigas, marginant audinį skaitmeniniu būdu aktyviniais ir pigmentiniais rašalais ir dažant audinį viena spalva gaminių skyriuje. Parinktos technologinės eigos, sudarytos iš 10-14 technologinių operacijų, parinkti jų režimai, parametrai, receptūros.

Darbo tikslas yra sudaryti lininių / šilkinų audinių apdailos technologinę eigą, nustatyti ir palyginti jų vartojamąsias savybes, taikant jiems skirtingas apdailos priemones.

Po marginimo ir dažymo audiniams nustatytos šios savybės: spalvos atsparumas prakaitui, atsparumas muilui, sausai trinčiai, šlapiai trinčiai, atsparumas pumpuravimuisi, audinių pH po apdailos, audinių santraukos metmenų ir ataudų kryptimis.

Aktyvinio ir pigmentinio marginimo audinių pumpuravimosi eigos skirtumus lemia dažų tipas. Kadangi marginant aktyviniais dažais audinys būna įmirkomas specialiame cheminių medžiagų tirpale, tai dažas persigeria į vidinę audinio dalį, ir tai leidžia dažams fiksuotis audinyje. Pigmentiniu būdu margintas audinys yra padengiamas paviršiniu sluoksniu. Todėl audinio paviršiuje sukuriamas papildomas sluoksnis, kuris veikia kaip apsauginis ir pagerina pumpuravimosi rezultatus.

Spalvos atsparumas įvairiems poveikiams, išskyrus šlapiai trinčiai, įvertinamas labai aukštais balais. Šie balai leidžia įsitikinti, jog apdailos gamybos metu naudoti parametrai, fiksuojant skaitmeniniu būdu margintus audinius, parinkti tinkamai.

Gautas sertifikuotos laboratorijos patvirtinimas, kad audiniuose nėra jokių pavojingų medžiagų: suteikta *Oeko Tex standart 100* antroji klasė.

Simanavičius Lukas. Influence of Union Fabrics Finishing on End-use Properties. Master's Final Degree Project supervisor assoc. prof. dr. Eglė Kumpikaitė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area: Polymer and Textile Technology (F02), Technological Sciences.

Keywords: linen / silk fabric, singeing, digital printing, reactive inks, pigment inks, fastness, pilling resistance, shrinkage.

Kaunas, 2019. 53.

### **Summary**

The linen / silk (70% linen and 30 % silk) fabric finishing influence on fabrics end-use properties was investigated in master's finishing project. The fabric was used for digital printing, both reactive and pigment inks, also dyed in garments department. The relevance of this kind of project is very important, because two different natural yarns are combined in one fabric. Both are natural, one is made from protein – silk (animal based), and the other one from cellulose – linen (plant based). Those yarns have not only different nature, but also different chemical properties. To make a correct technological regime for this kind of fabric is quite difficult. Because of this reason, the main task in this project is to make correct technological regime for this kind of blended yarn fabric, preparing it for digital printing, both reactive and pigment inks, dyeing in garment department with even and solid colour. It is done with technological regimes which take up to 10 to 14 steps, parameters and chemical recipes are chosen.

The aim of the project is to make the technological process of linen / silk fabric, identify and compare the end-use properties of the subject fabrics.

After the subject fabric is being finished with the technological process, these characteristics were investigated: colour fastness for perspiration, colour fastness for washing, dry and wet rubbing colour fastness, pilling resistance, pH value, shrinkage in weft and warp directions.

The difference between pigment and reactive inks pilling resistance is caused by inks type. To use reactive inks for printing the fabric must be immersed into the special chemicals which enrich the fabric with ink binding characteristics. In this case, reactive ink can fix to fabric easily. Ink can fix to the surface and inner layers of the fabric. Different fixation process of ink appears for pigment ink. It has already a binding system into the ink itself which gives the ability to form a layer top of the fabric. That layer which has formed on surface top increases the resistance for pilling.

Colour fastness has been graded significantly high grades, except wet rubbing fastness. These grades give a conclusion that parameters used in the technology process for digital printing fixation were chosen correctly.

The certificate of *Oeko Tex* standard 100-second class was given after the certificated laboratory test were made to subject fabric.

## Turinys

|   |    |
|---|----|
| Santrumpų ir terminų sąrašas .....  | 9  |
| Įvadas.....   | 10 |
| 1. Literatūros analizė .....  | 11 |
| 1.1 Žaliavos .....  | 11 |
| 1.1.1 Šilkas .....  | 11 |
| 1.1.2 Linas .....   | 12 |
| 1.1.3 Lino / šilko mišinys .....  | 13 |
| 1.2 Apdaila .....   | 13 |
| 1.2.1 Sausas paruošimas .....   | 14 |
| 1.2.2 Šlapias paruošimas .....  | 14 |
| 1.2.3 Skaitmeninis marginimas .....   | 15 |
| 1.3 Atsparumas pumpuravimuisi .....   | 18 |
| 1.4 Atsparumai .....  | 20 |
| 2. Tyrimo objektas ir metodika.....   | 23 |
| 2.1 Tyrimo objektas .....   | 23 |
| 2.2 Tyrimų metodika .....   | 24 |
| 2.2.1 Kondicinės sąlygos .....  | 24 |
| 2.2.2 Pumpuravimosi nustatymas .....  | 24 |
| 2.2.3 Spalvos atsparumas skalbimui, prakaitui .....   | 25 |
| 2.2.4 Spalvos atsparumas sausai, šlapiai trinčiai .....   | 26 |
| 2.2.5 Audinio santraukos metmenų ir ataudų kryptimis po buitinio skalbimo .....                                   | 27 |
| 2.2.6 Audinio santraukos metmenų ir ataudų kryptimis po skalbimo, minkštinimo ir dažymo gaminių departamente..... | 27 |
| 2.2.7 Audinių pH vertės matavimas, naudojant ištraukimo metodą.....   | 27 |
| 2.2.8 Testai OEKO Tex standartui gauti .....  | 28 |
| Audiniai atiduoti patikrinti sertifikuotai laboratorijai – gautas OEKO Tex standartas, 2-oji klasė. ....          | 28 |
| 3. Tyrimo rezultatai .....  | 30 |
| 3.1 Tiriamų audinių apdailos technologinės eigos .....  | 30 |
| 3.1.1 Audinių partijavimas .....  | 31 |
| 3.1.2 Audinių svilinimas.....   | 31 |
| 3.1.3 Pagrindo spalvos dažymas.....   | 31 |
| 3.1.4 Gniūžtės skleidimas.....  | 33 |

|   |    |
|---|----|
| 3.1.5 Audinio džiovinimas dažymui / marginimui .....  | 33 |
| 3.2 Audinių aktyvinis marginimas .....  | 34 |
| 3.2.1 Audinio paruošimas aktyviniam marginimui .....  | 34 |
| 3.2.2 Aktyvinio marginimo, fiksacijos procesai.....   | 35 |
| 3.2.3 Plovimas po fiksacijos .....  | 37 |
| 3.3 Audinių pigmentinis marginimas .....  | 37 |
| 3.3.1 Pigmentinio marginimo ir fiksacijos procesai .....  | 37 |
| 3.4 Audinių dažymas, minkštinimas.....  | 38 |
| 3.5 Audinių fizikinių-mechaninių ir vartojamųjų savybių tyrimas .....   | 41 |
| 3.5.1 Atsparumo pumpuravimuisi tyrimas .....  | 41 |
| 3.5.2 Spalvos atsparumų sausai, šlapiai trinčiai bei skalbimui ir prakaitui rezultatai, pH<br>vertės.....                   | 45 |
| 3.5.3 Audinio santraukų metmenų ir ataudų kryptimis po skalbimo, minkštinimo, dažymo<br>gaminų departamente rezultatai..... | 46 |
| 3.5.4 Audinio santraukos metmenų ir ataudų kryptimis po buitinio skalbimo rezultatai.....                                   | 47 |
| 3.6 Oeko tex® standart 100 patikros rezultatas ir sertifikatas.....   | 48 |
| 4. Išvados ir rekomendacijos .....  | 49 |
| Literatūros sąrašas .....   | 51 |



## **Santrumpų ir terminų sąrašas**

### **Santrumpos:**

PFD (prepared for dyeing) – tai audinys, kuris yra paruoštas dažymui.

PFP (prepared for printing) – tai audinys, kuris yra paruoštas marginimui.

DOD (drop-on-demand) – skaitmeninio spausdintuvo spausdinimo galvos rašalo lašelių formavimo būdas reikiamose vietose davus komandą.

CIJ – tolydinis skaitmeninio spausdintuvo spausdinimo galvos rašalo lašelių formavimo būdas.

Pjezo-DOD – skaitmeninio spausdintuvo spausdinimo galvos rašalo lašelių formavimo būdas reikiamose vietose davus komandą, kai rašalą išstumia slėgis, susiformavęs dėl pjezoelektrodo.

DOD TIJ – skaitmeninio spausdintuvo spausdinimo galvos rašalo lašelių formavimo būdas reikiamose vietose davus komandą, kai rašalą išstumia slėgis, susiformavęs dėl kaitinimo elemento, esančio spausdinimo galvos antgalyje.

ZDHC – nulinis pavojingų chemikalų išsiskyrimas.

## **Įvadas**

Magistro baigiamajame projekte tiriamas lino / šilko audinys, kurio pluoštinė sudėtis susideda iš 70 % lino ir 30 % šilko. Šis audinys yra labai unikalus savo sudedamųjų dalių savybėmis. Tiek linas, tiek šilkas yra natūralios kilmės pluoštai, tačiau jų prigimtis yra visiškai skirtinga. Linas yra augalinės kilmės celiuliozinis pluoštas, o šilkas yra gyvūninės kilmės baltyminis pluoštas. Tai lemia sudėtingas šio audinio gamybos sąlygas, kurios turi būti suderintos kartu tam, kad šio pluošto mišinys būtų gerai apdirbtas. Tad baigiamojo projekto aktualumas slypi tame, jog labai aktualu tinkamai parinkti audinio apdailos technologines eigas, derinant audinyje du tokios skirtingos prigimtės natūralius pluoštus, pasižyminčius skirtingomis fizinėmis, mechaninėmis ir net cheminėmis savybėmis. Projekte tiriamasis audinys yra margintas skaitmeniniu būdu – aktyviniais ir pigmentiniais rašalais, taip pat dažytas, dažant gaminius. Po šių apdailų tiriamajam audiniui atliekami laboratoriniai tyrimai, nustatant tokias savybes: spalvos atsparumas prakaitui, atsparumas muilui, sausai trinčiai, šlapiai trinčiai, atsparumas pumpuravimuisi, audinių pH po apdailos, audinių santraukos metmenų ir ataudų kryptimis. Taip pat šių savybių papildomai patikrai audinys yra testuojamas sertifikuotoje laboratorijoje, gautas *Oeko tex standart 100* standartas ir sertifikatas, patvirtinantis, jog audiniuose nėra jokių pavojingų medžiagų, kurios gali likti po taikomų apdailinimo operacijų.

Darbo tikslas – sudaryti lininių / šilkinių audinių apdailos technologinę eigą, nustatyti ir palyginti jų vartojamąsias ir fizines savybes, taikant jiems skirtingas apdailos priemones.

Darbo uždaviniai:

1. sudaryti apdailos technologines eigas ir režimus lininiams / šilkiniais audiniams;
2. atlikti apdailos įtakos audinio išvaizdai lyginamąją analizę;
3. nustatyti ir palyginti audinių po įvairių apdailų vartojamąsias ir fizines savybes;
4. pateikti rekomendacijas lininių / šilkinių audinių gamintojams, siekiant pagerinti audinių vartojamąsias savybes.

## 1. Literatūros analizė

### 1.1 Žaliavos

#### 1.1.1 Šilkas

Šilkas dėl savo retumo, unikalaus blizgesio ir, švelnumo jau tūkstančius metų laikytas vienu brangiausių ir labiausiai vertinamų audinių. Paskutiniu metu mada krypsta link natūralumo ir iš gamtos gautų tekstilės medžiagų, kas lemia dar didesnę šilkinų audinių paklausą. Spauda ant šilko dar labiau padidino susidomėjimą šiuo pluoštu [1]. Žalias šilkas yra populiarus natūralus baltyminis pluoštas, kuris turi labai malonų pojūtį liečiant ir gerą išvaizdą. Šis pluoštas turi natūralių nelygumų paviršiuje, nes yra suformuojamas šilkverpių. Toks paviršiaus nelygumas daro įtaką žaliao šilko kokybei [2]. Natūralus žalias šilkas yra sudarytas iš sericino (22-25 %), fibroino (62,5-67,0 %),



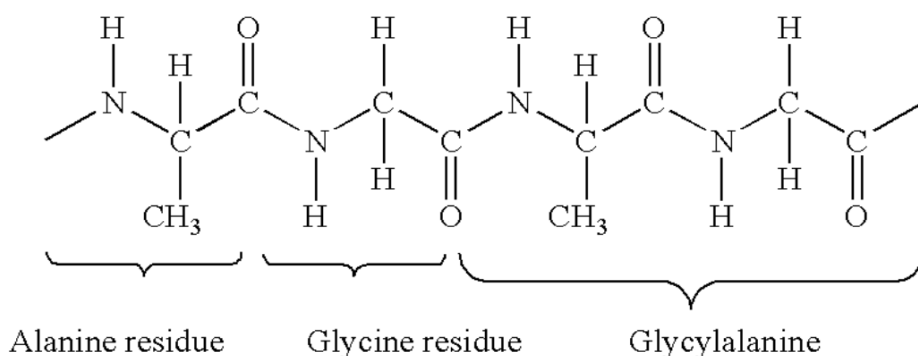
1.1 pav. Šilko gijos skersinis pjūvis [3].

vandens ir kitų mineralinių druskų (1.1 pav.).

Fibroino baltymas nėra tirpus karštame vandenyje, o sericinas yra amorfinis baltymas, kuris veikia kaip struktūros rišiklis. Jis yra labiau tirpus vandenyje negu fibroinas, taip pat sericinas suteikia žaliao šilkui šiek tiek šiurkštumo ir kietumo. Sericinas daro įtaką ir šlapiam apdailai, jis inhibuoja dažiklių ir kitų

pridėtinių medžiagų skverbimąsi į audinį. Dėl šios priežasties šilkas privalo būti hidrolizuotas. Hidrolizavimo metu žalias šilko audinys tampa 20-25 % lengvesnis. Hidrolizavimas gali būti atliekamas šarmų, rūgščių ar enzymų pagalba [4]. Šis delikatus pluoštas gerai žinomas dėl savo blizgios tekstūros, vandens sugėrimo, dažymo specifikos, tolerancijos karščiui. Šilkas yra stiprus pluoštas, kurio stipris yra 3,6 – 4,0 cN/tex. Toks stipris priklauso nuo linijinių ir beta konfigūracijų kristalinėje polimerų struktūroje. Šilkas savo sudėtyje turi ir -NH<sub>2</sub>, ir -COOH radikalines grupes. Dėl šios unikalios struktūros šį pluoštą galima dažyti rūgštiniais, aktyviniais, metalų kompleksiniais dažikliais. Šilką dažant rūgštiniais ir metalų kompleksiniais dažikliais, gaunamas geresnis sugeriamumas – absorbcija, tačiau spalvos atsparumai skalbimui yra gana prasti, o aktyviniais dažikliais dažytas šilkas pasižymi gerais spalvos atsparumais prakaitui. Svarbiausias tikslas dažant audinius yra užtikrinti atspalvių pastovumą net ir veikiant įvairiems cheminiamis veiksniams ir tuo pat metu nesuardant medžiagos sudedamųjų dalių [5].

Silk fibroin chemical structure



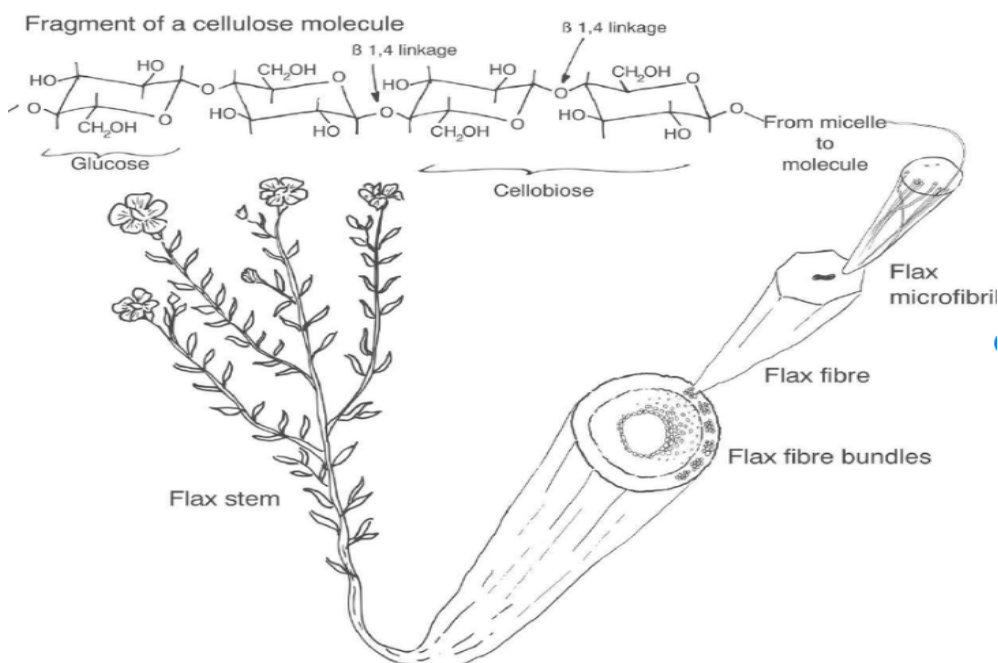
1.2 pav. Šilko fibroino baltymo cheminė struktūra [6]



1.3 pav. Šilko sericino baltymo cheminė struktūra [7]

### 1.1.2 Linas

Lino pluoštas yra gamtinis produktas, tiesiogiai gaminamas iš *Linum* genties augalų. Šio pluošto turimi privalumai yra labai vertinami ekologine prasme. Kadangi šiuo metu yra didelis susidomėjimas produktų ekologiškumu, lininiai audiniai turi didelę paklausą išsivysčiusiose valstybėse. Siekiant dar didesnio susidomėjimo šiuo pluoštu, gamintojai turi suderinti kainos ir kokybės santykį, dažnu atveju vartotojai renkasi pigesnių pluoštų produktus, kurie šiuo metu yra prieinamesni [8], tačiau lino pluoštas turi nuostabias savybes, kurias galima naudoti tekstilėje. Lino pluoštas pritaikomas ir kaip neaustinė medžiaga, lengvasvoris didelio stiprio kompozitas. Taip pat tekstilinės medžiagos, kurių sudėtyje yra lino, turi antibakterinių savybių, stabdo grybelių augimą. Didelis kiekis aromatinių junginių ir kitų junginių įvairovė lino šerdyje kelia enzymų-fermentų veikimo slopinimą [9]. Žalias lino audinys turi daug sunkiųjų metalų savo sudėtyje. Taip yra dėl to, kad augdamas linas geba absorbuoti sunkiuosius metalus iš aplinkos dėl savo sudėtyje turimų ligninų, pektinų ir hemiceliuliozės, kuri kaupiasi šaknyse [10]. Celiuliozė yra pagrindinis lino struktūrinis elementas, celiuliozė yra polinis elementas dėl savo hidroksilo grupių ir (C-O-C) anglis-deguonis-anglis jungčių [11].



1.4 pav. Lino celiuliozės molekulės fragmento struktūra [12]

Lino dažymui dažnai naudojami aktyviniai dažikliai dėl savo puikiai sukuriamų atspalvių ir gerų spalvų atsparumų. Aktyviniams dažikliams reikalinga šarminė terpė, kurioje anglies molekulės, esančios aktyvinių dažų sudėtyje, sukuria kovalentinius ryšius su deguonies molekulėmis, esančiomis celiuliozės karboksilo (-COOH) grupėje. Tačiau pagrindinė problema, dažant aktyviniais dažikliais, yra slopinama trauka, atsirandanti dėl esančių elektroneigiamų krūvių, esančių celiuliozėje ir dažiklių molekulėse. Norint šią problemą išspręsti, reikia didelio kiekio elektrolito. Dėl šios priežasties tai gali būti ekologiškai ir ekonomiškai nenaudinga. Taip pat dažymo metu dažikliai reaguoja ne tik su audinio paviršiumi, bet ir su vandeniu. Tai lemia didelį susihidrolizavusį dažiklių kiekį dažymo vonioje. Šie dažikliai taip pat gali likti ant audinio ir tai daro įtaką spalvos atsparumui. Norint to išvengti, reikalinga šarminė terpė, kuri blokuoja dažiklių hidrolizavimą ir padidina dažiklių jungimosi aktyvumą prie audinio, kas ir pagerina atsparumus ir sumažina skalavimo laiką po dažymo [13]. Kai aktyviniai dažikliai reaguoja su hidrokso grupe, esančia celiuliozės sudėtyje, sudaromi kryžminiai ryšiai tarp dažiklio ir celiuliozės molekulės. Dažymo procesas susideda iš dviejų etapų. Pirmas etapas vyksta neutralioje terpėje su soda. Antras etapas vyksta, pridėjus apskaičiuotą kiekį šarmo, kad dažymo procesas būtų pagreitintas. Tokiam celiulioziniam pluošto dažymui dažniausiai naudojami bifunkciniai aktyviniai dažikliai, kurie turi dvi potencialias grupes, kurios gali sudaryti ryšius su dažomu pluoštu [40].

### **1.1.3 Lino / šilko mišinys**

Pluoštų maišymas tarpusavyje yra plačiai naudojamas tekstilėje. Taip pagerinamos audinio charakteristikos, tokios kaip funkcionalumas, vartojamosios savybės [14]. Nors lino ir šilko pluoštai yra abu natūralios kilmės, tačiau labai svarbu žinoti, kaip jie elgsis apdailos metu, kai bus sumaišyti tarpusavyje. Lino pluoštas apdirbamas šarminėje terpėje, o šilkas dažnu atveju yra apdorojamas rūgštinėje terpėje ir dažomas rūgštiniais dažikliais, tačiau šilkas taip pat gali būti dažomas ir apdirbamas šarminėje terpėje. Chi Wai Kan tyrime, dažant šilką šarminėje terpėje, pastebėta, kad natrio katijonai leidžia išlyginti krūvių skirtumus su šilko paviršiuje susidariusiu neigiamu krūviu. Esant dideliame krūvių skirtumui, susidaro zeta potencialas, kuris stabdo dažiklių anijonų jungimąsi prie audinio, bet tirpale esantys natrio katijonai geba šį krūvių skirtumą sumažinti, ir taip sukuriamas dažymo potencialas, esant šarminei terpei [15].

### **1.2 Apdaila**

Apdaila gali būti pritaikoma prie kitų tekstilės gamybos operacijų, pradedant žalio audinio apdirbimu chemiškai ir mechaniškai. Žvelgiant į apdailą iš šios perspektyvos, apdaila daro įtaką galutinei audinio vertei. Apdailos metu suteikiamas švelnumo, šiurkštumo, sausumo, hidrofiliškumo ar hidrofobiškumo efektas ir kt. Pridedant šias savybes, audiniui suteikiamas platesnis funkcionalumas. Daugelis šių apdailų variantų nėra labai ekologiškos, todėl norint sumažinti taršą gamybos metu ir gauti norimus apdailų rezultatus, galime rinktis aplinkai draugiškesnius apdirbimo variantus. Tai gali būti biologiniai agentai, kurie atlieka tam tikras funkcijas. Vienas iš šių biologinių agentų yra fermentai. Celiuliozinių audinių apdirbimas fermentais dar vadinamas bio-poliravimu [27]. Bio-poliravimo metu celiuliozės fermentai turi galimybę atskirti paviršinius pūkelius nuo audinio paviršiaus. Pūkelių nuėmimas vyksta kai  $\beta$ -1,4-gliukozidiniai ryšiai celiuliozės molekulėje yra hidrolizuojami [37-38]. Celiulazė naudojama įvairaus tipo celiulioziniam pluoštams ir suteikia neabejotinai apdailintų audinių pokyčius po apdailos su celiulaze [37]. Be celiuliozinių junginių natūralūs pluoštai taip pat turi ir apie 10% neceliuliozinių darinių, tokių kaip: lipidai, vašakai, pektinai,

organinės rūgštys, baltymai, neceliulioziniai polisacharidai, kurie kaupiasi viršutiniame pluošto sluoksnyje. Šios medžiagos sukuria viršutinį hidrofobišką sluoksnį, kuris daro įtaką pluošto absorbcijai. Šių medžiagų pašalinimas yra būtinas. Dažniausiai naudojamas sodos hidroksidas. Tai sąlyginai pigus būdas, naikinant šias priemaišas iš audinio, tačiau šis procesas taip pat reikalauja griežtai laikytis pH ir temperatūros sąlygų [39]. Taip pat kaip vienas iš dar draugiškesnių aplinkai apdailos variantų gali būti ir svilvinimas, kuris suteikia panašaus tipo paviršinių pūkų pašalinimą šios apdailos operacijos metu [16].

### **1.2.1 Sausas paruošimas**

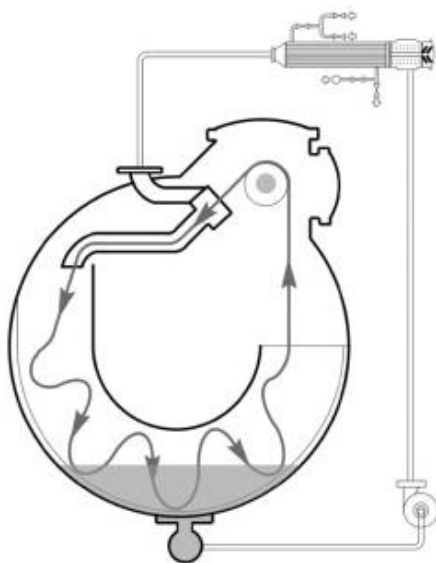
Svilvinimas tiesiogiai reiškia paviršiaus nudeginimą. Technškai svilvinimas reprezentuoja paviršutinių laisvų pluošto plaukelių, kurie nėra visiškai prisitvirtinę prie verpalų, nudeginimą nuo audinio paviršiaus. Ši apdailos operacija labai svarbi paruošimui. Blogai ar visai neatlikus šios apdailos, audinio paviršius turi daugiau paviršinių plaukelių, kurie vėliau lengvai pumpuruojasi. Tai taip pat svarbu ir vėlesniuose apdailos žingsniuose, ypač jei audiniui numatytas marginimas. Likęs nesvilintas audinio paviršius su išsikišusiais plaukeliais daro įtaką marginimo procesui ir galutiniam jo rezultatui [16]. Kai verpalas yra iš trumpo pluošto, verpimo metu dalis plaukelių galų gerai nesusitvirtina tarpusavyje ir kyšo verpalų paviršiuje. Verpalams svilvinimas yra labai efektyvus, jo metu pašalinami visi kyšantys plaukeliai. Taip pašalinus plaukelius, gerinamas audinio atsparumas pumpuravimuisi. Svilvinimo apdailą galima atlikti keletą kartų iš eilės, taip užtikrinant audinio paviršiaus lygumą [17]. Svilvinimas dažniausiai atliekamas techninėmis dujomis varomu įrenginiu, kurio konstrukcija leidžia vienu metu svilvinti abi audinio puses. Tai reiškia, kad audinys iš karto apdorojamas visas, nereikia atlikti pakartotinės svilvinimo operacijos, apvertus audinį kita puse. Labai svarbu, kad svilvinimo metu audinys neužstrigtų, kitu atveju kiltų gaisras, ir audinys užsidegtų. Svilvinimo greitis priklauso nuo įrenginio tipo, tačiau dėl anksčiau paminėtos priežasties audinio greitis įrenginyje turi būti didelis ir siekia nuo 50 m/min iki 70 m/min. Norint gauti dar geresnį svilvinimo efektą, audinį galima pakartotinai perleisti per įrenginį [28].

### **1.2.2 Šlapias paruošimas**

Klasikinis tekstilinių audinių šlapias apdorojimas susideda iš trijų etapų: paruošimo, spalvos suteikimo / marginimo ir galutinės apdailos. Bet kokia apdailos operacija yra naudinga, bet didžiausią reikšmę sudaro pradinė paruošimo technologija, kuri labiausiai susijusi su galutiniu, audinio ar gaminio, rezultatu. Vienos iš seniausių technologijų paruošiant audinius yra naudojant vandeninius tirpalus. Šiuo pagrindu pagrįstos ir dabar naudojamos technologijos. Pirminis žalių audinių paruošimas prasideda nuo pašalinių medžiagų pašalinimo iš audinio [18]. Taip apdirbant audinius šlapiomis apdailomis, svarbu įvertinti ir elektrokinetinius fenomenus (zeta potencialas, elektrokinetinis audinio paviršiaus krūvis). Šie fenomenai daro įtaką tolimesnėms apdailos operacijoms, ir nuo jų priklauso audinio spalvų atsparumai [29]. Prieš dažymą / marginimą ir kitas galutines apdailos operacijas būtinas šarminis lino skalavimas tam, kad būtų galima pašalinti neceliuliozinės kilmės priemaišas. Šiose priemaišose gali būti pektino, kuris yra atsakingas už hidrofobines savybes. Tačiau šarminis poveikis linui, esant labai aukštam pH ir temperatūrai, lemia apdirbamo audinio svorio praradimus, keičiasi stipris, labai teršiama gamta. Viena iš ekologinių alternatyvų (bio-poliravimas) – naudoti pektino fermentus-enzimus, kurie pašalina pektino junginius [19]. Kadangi natūralios kilmės celiulioziniai pluoštai taip pat turi ir daug mažiųjų neprikludusių gijų, kurios vėlesniame naudojime, skalbiant ir nešiojant, sukels tokias problemas kaip

pumpuravimasis, bio-poliravimas šią problemą taip pat išsprendžia. Šiam veiksmui reikalingi celiuliozės fermentai, hidrolizės metu šie enzimai pašalina paviršinius plaukelius, kurie yra lengviausiai paveikiami (neprigludę). Fermentų efektyvumas yra labai ribotas, jų veikimas priklauso nuo pH terpės, temperatūros. Esant neatitikimų ir nuokrypių šios apdailos metu, enziminis procesas tiesiog neveiks arba audinys bus pažeistas per daug ir negrįžtamai. Todėl atliekant šį procesą, svarbu laikytis apdailos metu nustatytų ir gamintojų rekomenduotų režimų [27].

Audinio paruošimas gali būti atliekamas įvairiais įrenginiais. Vienas jų yra gniūžtinio tipo dažymo įrenginys (1.5 paveikslas). Šio įrenginio veikimo principas: įrenginio viduje sudaromos audinio kilpos / virvės, kurių dalis yra panardinta į paruošimo ar dažymo tirpalo vonią. Viršutinė kilpos /



virvės dalis eina per elektra varomą veleną, kuris transportuoja ir permeta audinį iš vienos vonios pusės į kitą. Vonios gale yra dar vienas velenas, kuris traukia audinį iš tirpalo. Velenai yra sumontuoti virš vonios su tirpalu. Taip į begalinę virvę susiūtas audinys, pereidamas per tirpalą, negauna didelio tempimo ir gali būti apdorotas. Šis įrenginys yra paprastos konstrukcijos, tinka įvairioms šlapios apdailos operacijoms: paruošimui, minkštinimui, dažymui. Tokio tipo įrenginys tinka praktiškai visų tipų audiniams. Taip apdirbti audiniai tampa minkštesniais [20].

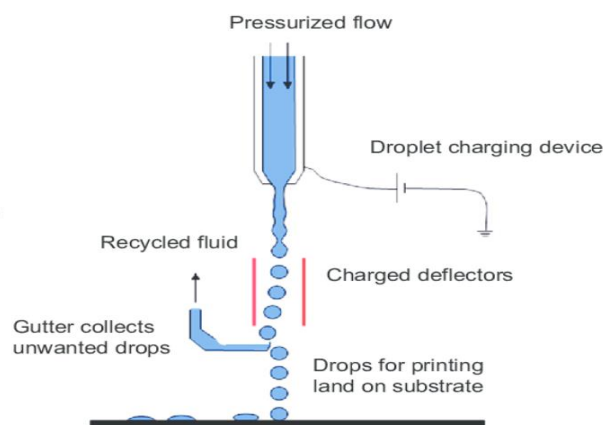
**1.5 pav.** Gniūžtinio tipo dažymo mašinos schema [41]

Audinių paruošimas marginimui (impregnavimas), kai spausdinama aktyviniais rašalais, yra neatsiejamas dalykas, norint pasiekti labai gerų audinių spalvų atsparumų rezultatų, spalvų gilumo ir ryškumo, linijų aštrumo, sudaromų rašalo lašelių kontrolės. Šis procesas, marginant aktyviniais rašalais, yra būtinas. Gerai žinoma, kad negalima į aktyvinius rašalus pridėti šiam procesui būtinų medžiagų, tokių kaip: karbamidas, šarmas, migracijos inhibitoriai. Taip pat viena iš priežasčių, kodėl audinys privalo būti paruoštas ir įmirkytas, yra naudojamų rašalų fiksacijos galimybės. Aktyviniai rašalai paruoštame audinyje geba žymiai geriau fiksuotis. Impregnavimas gali būti atliktas su natūralios kilmės tirštiniais ir su sintetinės kilmės tirštiniais. Audinio impregnavimas lemia vėlesnius rezultatus spausdinant [21].

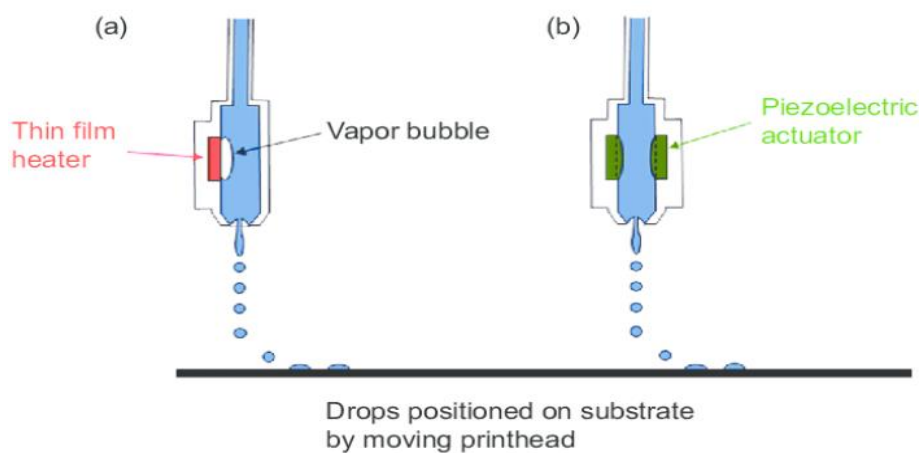
### 1.2.3 Skaitmeninis marginimas

Skaitmeninis spausdinimas išstobulėjo kaip svarbi tekstilės technologijos kryptis, aiškinama kaip polimerinių tirpalų naudojimas, atvaizduojant norimus dizainus grafiškai ant norimų medžiagų. Yra du pagrindiniai mechanizmai, kurių pagalba yra sugeneruojami ir nukreipiami rašalo lašeliai: CIJ (Continuous inkjet printing) tolydinis rašalo lašelių sudarymo būdas (1.6 paveikslas) ir DOD (drop on demand) rašalo lašelis sudaromas reikiamose vietose (1.7 paveikslas). CIJ ir DOD rašalo lašelių

sudarymo būdai turi individualius procesus, kurių valdymas sukuria skirtingus iššūkius ir suvaržymus, kai norima šiuos būdus pritaikyti tam tikriems specifiniams spausdinimams. Abiejose technologijose, tiek CIJ, tiek DOD, polimeras gali atlikti keletą funkcijų rašalo kompozicijoje. Polimeras gali būti dispergentas, klampą reguliuojanti medžiaga ar funkcinė medžiaga. Jau seniai buvo išsiaiškinta, kad pridėjus mažas koncentracijas polimerinių medžiagų į rašalus, kurie naudojami spausdinimui, pasiekiamas ženklus spausdinimo kokybės pokytis į gerąją pusę. Naudojamo polimero koncentracija, molekulinė masė, daro įtaką lašelių išmetimui ir suskaidymui [21]. Tiriamajame darbe naudotas DOD metodas. DOD taip pat skirstomas į TIJ (Termal inkjekt) ir pjezo-DOD (pjezoelektrinis). Pjezoelektrinis DOD metodas taip vadinamas dėl rašalo purškimo antgalio, kuriame esanti rašalo talpykla savo sudėtyje turi pjezoelektrodą. Šiai talpyklai suteikus elektrinį krūvį, dėl šio elektrodo atsiranda slėgių skirtumas ir rašalo talpykla susitraukia. Taip sulaužomas paviršiaus įtempis, kuris laiko rašalo lašelį antgalyje. Rašalo lašelis yra išmetamas iš antgalio – vyksta spausdinimas. Terminis DOD principas yra labai panašus, tik šį slėgių skirtumą sukuria ne pjezoelektrodas, o dažų talpyklos kaitinimas iki tol, kol rašalas užverda, ir taip rašalas yra išstumiamas iš antgalio [22].



**1.6 pav.** CIJ tolydinio rašalo lašelių sudarymo spausdinimo galvoje principas [30]



**1.7 pav.** DOD spausdinimo metodo rašalo lašelių sudarymo spausdinimo galvoje principas pjezo-DOD ir TIJ atveju [30]



Tekstilės pramonėje dauguma spausdinimui naudojamų medžiagų yra celiuliozinės, kurioms spausdinti naudojami plačiai paplitę pigmentinio ir aktyvinių rašalų spausdinimo tipai ir metodai. Tekstilės spausdinimo procesas yra labai komplikotas, jį labai sunku kontroliuoti, nes šį procesą valdo labai daug parametrų. Pigmentinis marginimo metodas išsiskiria savo paprastumu jį taikant, taip pat šis metodas yra pranašesnis dėl mažesnių energijos išteklių ir jis nereikalauja plovimo po fiksacijos karštu oru. Kita vertus, aktyvinis marginimas reikalauja nuoseklaus plovimo ir skalavimo po fiksacijos, kas lemia didesnius energijos išteklius, kad pasiekti keliamus reikalavimus. Nepaisant to aktyvinis marginimas yra įgijęs didelį pasitikėjimą tekstilėje dėl labai gerų spalvų atsparumų ir puikių spalvų [22].

Dažnu atveju skaitmeninė spauda ant šilko yra atliekama su aktyviniais rašalais dėl savo gerų spalvų atsparumų trinčiai, skalbimui, ir spalvų ryškumo. Aktyviniai rašalai turi savybę labai gerai sklisti šilko paviršiumi dėl geros absorbcijos ir paviršiuje esančių nelygumų. Tai nutinka dėl to, kad rašalo lašas yra suformuojamas į apskritimą, kuris gali lengvai sklisti paviršiumi. Šio proceso kontroliavimas sukėlė didelį mokslininkų susidomėjimą, tai lėmė paruošimo prieš marginimą svarbos įrodymas. Paruošimas pagerina rašalo lašo kontrolę, išlygina spausdinamo ploto paviršių. Yra atlikta tyrimų, kurių metu amino junginiais dengtas šilkinis audinys buvo margintas skaitmeniniu būdu su aktyviniais rašalais, taip buvo ženkliai pagerinta spalvų raiška ir atsparumai. Be amino junginių taip pat naudota ir atmosferiniu slėgiu užnešta plazma, kuri taip pat išryškino spalvas. El-Hennawi išbandė biologiškai apdirbtą celiuliozinį lino audinį spausdinant, šis audinys taip pat pasižymėjo pagerėjusiomis absorbcijos savybėmis, kurios pagerino bendrą spausdinimo rezultatą. Šių tyrimų metu išsiaiškinta, jog natūralių audinių paviršius daro įtaką skaitmeninio marginimo rezultatams ir įtakoja margintų audinių atsparumus [23].

Skaitmeniniame tekstilės spausdinime praktiškai naudojami keturi skirtingi rašalų tipai. Kiekviena rašalo kategorija atitinkamai gali būti spausdinama ant skirtingų audinių tipų ir suteikia skirtingas charakteristikas. 1.1 lentelėje pateiktos visų skirtingų tekstilėje naudojamų rašalų charakteristikos [23].

1.1 lentelė Skaitmeninio spausdinimo ant tekstilės rašalų charakteristika ir apdailos galimybės [23]

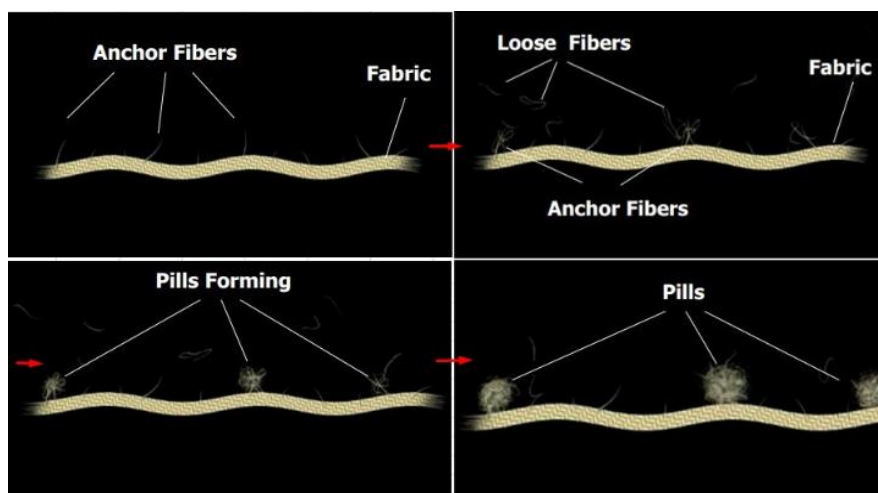
| Dažiklis  | Pluošto tipas      | Dažo / pluošto jungimosi tipas   | Spalvinės charakteristikos   | Fiksacija  |
|-----------|--------------------|--|--|--|
| Pigmentas | Visų tipų pluoštai | Jokios reakcijos. Kompleksinis paviršiaus polimeras (rišiklis). Sudaromas ryšio mechanizmas su audinio paviršiumi. | Geri skalbimo atsparumai, labai geri atsparumai šviesai, geri atsparumai trinčiai. Tai lemia rišiklio prigimtis. | Fiksuojama karštu oru. Fiksacijos temperatūra 150-180°C. Laikas – nuo 30 iki 90 sekundžių. |

|                      |                                |  |   |   |
|----------------------|--------------------------------|--|---|---|
| Aktyvinis dažiklis   | Medvilnė, šilkas, vilna, linas | Tvirtinasi prie audinio kovalentiniu ryšiu.        | Ryškios spalvos, labai geri skalbimo atsparumai, labai geri atsparumai trinčiai, prasti atsparumai šviesai. | Garinama prie 90-120 °C, nuo 8 iki 30 minučių, priklausomai nuo garintuvo tipo. Plaunama ir džiovinama.                 |
| Dispersinis dažiklis | Poliesteris                    | Hidrofobinis – kietosios fazės mechanizmas.        | Labai geri atsparumai šviesai, skalbimui ir trinčiai. Ryškios spalvos.                                      | Fiksuoja karščiu. Priklauso nuo dispersinio rašalo tipo.  |
| Rūgštinis dažiklis   | Nailonas, šilkas, vilna, oda   | Elektrostatika ir vandeniliniai ryšiai su audiniu. | Labai geri atsparumai šviesai, skalbimui ir trinčiai. Ryškios spalvos.                                      | Garinama 20 – 60 minučių, priklausomai nuo garintuvo tipo, esant 20-120 °C, priklausomai nuo atspalvio ir pluošto tipo. |

### 1.3 Atsparumas pumpuravimuisi

Atsparumas dilinimui ir pumpuravimuisi yra dvi svarbiausios vartojamosios audinių savybės. Audinio atsparumas trinties jėgai vadinamas atsparumu dilinimu. Pumpuravimusi vadinamas audinio defektas, kai ant jo paviršiaus susidaro pluošto kamuoliukų ar jų grupių, kurie yra prisitvirtinę ant audinio. Yra labai daug kintamųjų, kurie gali paveikti atsparumus dilinimui ir pumpuravimuisi. Tokie kintamieji gali būti: verpalų prigimtis, audinio konstrukcijos savybės, apdailos operacijos. Kiekvienas išvardintas žingsnis audinių gamyboje gali pagerinti šias charakteristikas į teigiamą pusę [24]. Pats pumpuravimasis gali būti paprastai apibūdinamas pumpurėlių susidarymo ir atsiskyrimo etapais (1.8 paveikslas). Pumpuravimasis yra save ribojantis procesas, kuris atsiranda keturiuose skirtinguose audinio dėvėjimosi etapuose. Pirmasis etapas – tai paviršinių pūkelių susidarymas, antrasis etapas – jų susivėlimas tarpusavyje, trečiasis etapas – paviršinių pūkelių susidarymas paviršiuje, ketvirtasis etapas – pumpurėliai atsiskiria nuo audinio paviršiaus, kai nutrūksta rišančiosios gijos [25]. Plačiau šie etapai gali būti taip pat apibūdinami: pirmas etapas prasideda, kai pradinis pūkas susidaro dėl laipsniško paviršinių sluoksnių atsiskyrimo nuo verpalų. Antrojo etapo metu pumpurėliai pradeda formuotis dėl susidariusių pūkelių susipynimo tarpusavyje. Verpalo dalis dėl trinties ir lankstymo jėgų veikimo lūžta ir šios sekos dėka susiformuoja susivynioję pumpurėliai. Taip pat šių pumpurėlių susidarymui daro įtaką ir ant audinių esančios priemaišos, kurios akumuliuoja šį procesą. Hidrofobiniai audiniai kiek mažiau linkę pritraukti įvairias paviršiaus priemaišas, dėl to yra kiek atsparesni už hidrofilinius pluoštus, kurie pritraukia daugiau priemaišų dėl savo elektrostatinės savybių. Trečiajame etape prasideda progresyvus pumpurėlio augimas, kuris stabilizuojasi. Jei pumpurėlis nėra pasiekęs savo didžiausios apimtys, nauji pumpurėliai neatsiranda. Identifikuoti šiuos

etapus yra labai sudėtinga, nes jie vienas su kitu labai glaudžiai susiję. Be to, tai labai priklauso ir nuo audinio prigimties ir apdailų, kurios buvo jam atliktos. Paskutinis etapas apima pumpurėlių pasišalinimą. Pumpurėliai pašalinami dėl atsiradusių trinties jėgų, kurios veikia pumpuro ašį. Šis procesas vadinamas savęs valymo procesu [34-35].



**1.8 pav.** Pumpuravimosi etapai [31]

Pumpurėliai susidaro dėvėjimo ir skalbimo metu. Tai reiškia, kad audinys yra veikiamas trinties jėgomis. Trinties jėgos sukelia dilinimo ir pumpuravimosi efektą ant audinio, kas lemia šių dviejų mechaninių savybių ryšį tarpusavyje. Audinio konstrukcija lemia tolesnį jo dėvėjimąsi ir daro įtaką audinio pumpuravimosi savybėms. Labai tankaus ir kompaktiško pynimo audiniai, tokie kaip džinsiniai audiniai, dažniausiai pumpuruojasi labai nedaug, kai tuo tarpu laisvai megztas ar austas audinys labiau pumpuruosis tiek dėvėjimo, tiek ir skalbimo metu. Pumpuravimasis tiesiogiai nepaveikia audinio funkcionalumo, nebent audinio vieta su daug pumpurėlių tiesiog pradyla, o taip nutinka dėl nusidėvėjimo [25].

Austų ir megztų medžiagų atsparumai dilinimui ir pumpuravimuisi yra tiriami įvairių mokslininkų. S. A. Smiriti ir Md. A. Islam tyrinėjo mišriapluoščius mezginius, jų elgseną pumpuravimosi testų metu, kai tiriamieji bandiniai buvo svilinti ir nesvilinti. Buvo nustatyta, kad mechanškai apdirbti, svilinti, bandiniai įvertinti (3-4) aukštesniais balais nei bandiniai, kurie buvo nesvilinti (1-2). Taip pat nustatyta, jog kuo didesnis PES pluošto santykis audinyje, tuo mažesnis jo atsparumas pumpuravimuisi [42].

H. A. El-Dessouki ištyrė žalios, neapdailintos, kojinių žaliavos atsparumą pumpuravimuisi ir dilinimui priklausomybę nuo ilginio tankio. Naudodamas „Martindale“ ir „Roll box“ metodus, nustatė atsparumus pumpuravimuisi bei dilinimui. Nustatytas atsparumą pumpuravimuisi ir dilinimui pagerėjimas kojinese, kai į neapdailintus verpalus įmaišoma PES, PA ir elastano [43].

V. R. Sivakumar, K. P. R Pillay taip pat tyrinėjo pumpuravimosi priežastis ir atsparumo pumpuravimuisi pagerinimo galimybes. Šių mokslininkų nustatyta, jog tokios fizinės charakteristikos kaip siūlų ilgis, komponentinė sudėtis, verpalų susisukimas, tankis, audimo tipas daro įtaką atsparumui pumpuravimuisi. Taip pat tokie mechaniniai procesai kaip svilvinimas ir svilvinimo režimų keitimas gali tendencingai keisti atsparumą pumpuravimuisi [44].

M. Akaydin ir Y. Can nustatė dažymo, mezgimo konstrukcijos ir siūlių tipas gamyboje įtaką atsparumams dilinimui ir pumpuravimuisi paprastiesiems mezhiniams, mezhitiems interlokiniu ir skersiniu būdu. Interlokiniu būdu mezhitų mezhinių atsparumai dilinimui ir pumpuravimuisi buvo geresni nei skersiniu būdu mezhitų mezhinių. Taip pat pagerėjo ir dažytų mezhinių atsparumai, lyginant su nedažytais. Taip pat pranašumą turėjo ir kompaktiniais verpimo siūlais mezhiti mezhiniai, lyginant su žiedinio verpimo siūlais mezhitais mezhiniais [45].

S. H. Abdel-Fattah ir E. M. El-Katib tyrinėjo pumpuravimosi atsparumams apdailų daromą įtaką ir tokius apdailos procesus kaip temperatūrų keitimas, svilvinimas. Nustatytas atsparumų pumpuravimuisi padidėjimas, svilvinant poliesterio / vilnos mišinio audinį. Vilnos audinio mišinį paveikus temperatūra, žymiai pagerėjo jo savybės pumpuravimosi atsparumui. Šios apdailos metu vilnos sudėtis, veikiant temperatūroms, patyrė labai nedidelius azoto, sieros, amino rūgščių sudėties pokyčius [46].

H. Shakhawat praktiškai įrodė, jog CVC mezhimo tipo mezhinių atsparumai pumpuravimuisi gali būti padidinti, šiuos audinius svilvinant ir apdirbant temperatūra, nepaveikiant fizinės ir cheminės audinių struktūros [47].

S. Ayesha ištyrė šukuotinių ir karštinių verpalų daromą įtaką skersinio mezhimo tipo mezhiniui ir jo atsparumams pumpuravimuisi ir dilinimui. Nustatyta, kad atsparumai dilinimui ir pumpuravimuisi yra geresni šukuotinių verpalų mezhinyje nei karštinių verpalų mezhinyje [48].

H. Zhichao ir Ch. Wenxing tyrinėjo poliesterio / medvilnės austinius audinius, kurie buvo padengti co-poliesterio dalelėmis, naudojant skirtingas jų tirpalo koncentracijas. Atsparumų pumpuravimuisi nustatymo metu gauti 4,5-5 įvertinimai. Co-poliesterio granulės pagerino atsparumus pumpuravimuisi [49].

R. Furferi, L. Governi, Y. Volpe atliko racionalią ir chronologišką apžvalgą, kuri apėmė aktualiausius atsparumų pumpuravimuisi nustatymo metodus. Apžvalgoje galima nuspręsti, kurios naujos atsparumų pumpuravimuisi nustatymo technologijos gali pakeisti tradicines, taip pat smulkiai aprašyti nagrinėti metodai [50].

A. M. Coldea ir D. Vlad atliko tyrimą, kurio metu stebėtas audinių paviršiaus pumpurėlių susidarymo formavimasis, naudojant skirtingos prigimties verpalus. Naudotos skirtingo tipo mezhinių charakteristikos, lyginti medvilnės, vilnos ir jų mišinio verpalai. Nustatyta, jog mezhimo ir verpalų tipas daro įtaką pumpurėlių susidarymui. Lygiojo skersinio mezhimo pynimas nustatytas kaip turintis geriausius atsparumus pumpuravimuisi. Taip pat medvilniniai mezhiniai turi didesnius atsparumus nei vilnoniai. Įrodyta, jog austų audinių atsparumai yra geresni nei mezhitų mezhinių [51].

#### **1.4 Atsparumai**

Prasti tekstilės produkcijos spalvos atsparumai yra viena pagrindinių klientų nepasitenkinimo tekstile priežasčių. Dėl blogų atsparumų atsiranda spalvos blukimas, dažų migracija. Šios problemos atsiranda dėl išorinių veiksnių: vandens poveikio, prakaito, trinties. Šie veiksniai atsiranda jau gamybos procese, vėliau ir kasdieniniame naudojime. Taip pat blogi spalvos atsparumai įvairiems poveikiams gali būti ir kenksmingi vartotojui. Dėl dažiklių migracijos ir trinties su žmogaus oda iš audinio į odą gali patekti kenksmingi metalų jonai, kurie sukelia dirginimą ar kitokius negalavimus

[26]. Jei spalvos atsparumai yra nepatenkinami, tai iškart galima spręsti, jog dažymas, skalavimas buvo atlikti netinkamai, ir iš technologinės pusės reiktų peržiūrėti naudotus režimus, taikytus audiniams apdailinti. Taip pat tai nurodo ir faktas, jog buvo netinkamai parinkti dažikliai dažomam pluoštui ar pluoštų mišiniui, todėl visada svarbu įsigilinti, koks pluoštas bus dažomas ir koku metodu reiktų jį dažyti, norint pasiekti gerus atsparumų rezultatus, taip išvengiant dažų migracijos ir greito nusidėvėjimo [32]. Pirmieji spalvų atsparumai pradėti tikrinti jau 1916 m. Visa pagamina tekstilės produkcija privalo būti testuojama, siekiant įsitikinti, jog balinant ar naudojant kitas valymo priemones, produkto spalva išliks nepakitusi. Atsparumas šviesai, skalbimui, trinčiai yra viena iš svarbiausių atsparumų testų formų. Šios formos yra standartizuotos ir privalo būti naudojamos, dažant tekstilės produkciją. Atsparumai yra vertinami balais: atsparumas šviesai vertinamas nuo vieno iki aštuonių, atsparumai skalbimui ir trinčiai vertinami nuo vieneto iki penketo. Kuo didesniu balu yra įvertintas bandinys, tuo geresnis atsparumo lygmuo yra pasiektas [33]. Vienas iš faktorių, darančių įtaką spalvų atsparumams, gali būti cheminė audinio prigimtis. Celiulioziniai pluoštai, dažyti aktyviniais dažikliais, pasižymi itin gerais spalvos atsparumais. Baltyminės kilmės pluoštai, dažyti rūgštiniais, aktyviniais dažikliais, taip pat pasižymi gerais spalvos atsparumais. Tai įrodo audinio kilmės ir dažiklių tipo priklausomybę. Taip pat labai svarbus faktorius yra dažiklio molekulės struktūra. Esant didesnio dydžio dažiklio molekulėms, jos geriau prisitvirtina prie audinio paviršiaus, taip pat gaunamas geresnis ryšys tarp dažiklio ir pluošto. Atsparumams daro įtaką ir pasirinktos dažyti spalvos ryškumas ar šviesumas. Tamsių ir gilių spalvų atsparumai gali būti ženkliai prastesni nei šviesių spalvų atsparumai. Prie šių išvardintų veiksnių būtina pridėti ir plovimus bei skalavimus po dažymo proceso. Blogai išskalauti dažiklių likučiai lieka ant audinio paviršiaus, dėl ko gaunami prasti atsparumų testų rezultatai, o audinys turi būti perplaunamas [32, 36].

## **Apibendrinimas**

Apžvelgus literatūros šaltinius, pastebėta, jog natūralus šilkas ir linas dažomi ir marginami skirtingais dažikliais, tačiau šilkas šiuo požiūriu yra lankstesnis pluoštas, t.y. esant tam tikroms aplinkybėms, pvz. šarminei terpei, šilką galima dažyti ar marginti ir celiulioziniais pluoštams naudojamais dažikliais.

Siekiant pagerinti audinių savybes, jiems taikomos įvairios mechaninės ir cheminės apdailos, darančios įtaką audinių išvaizdai, fizinėms, mechaninėms ir vartojamosioms savybėms. Viena iš sausos mechaninės apdailos rūšių, išlyginanti audinio paviršių, yra svilinimas. Šios apdailos technologinės operacijos metu nuo audinio paviršiaus yra pašalinami verpalo plaukeliai, išsikišę iš audinio paviršiaus, ir paviršius tampa lygus. Taip pagerinamos sąlygos kitoms audinio apdailos operacijoms.

Taip pat taikomos ir šlapio audinio apdorojimo apdailos technologinės operacijos, kurių metu audinys yra veikiamas vandens ir įvairių cheminių medžiagų tirpalais, kurių metu iš audinio yra pašalinamos nereikalingos medžiagos, audinys gali būti dažomas, jam suteikiama baigiamoji apdaila, specifinės savybės.

Pastaruoju metu tekstilės pramonėje vis dažniau taikomas skaitmeninis audinių marginimas, kuris gali būti atliekamas pigmentiniais arba aktyviniais rašalais. Abiem šiais atvejais taikoma šiek tiek kitoks audinių paruošimas marginimui. Marginant aktyviniais rašalais, prieš marginimą audinį būtina impregnuoti specialiais cheminiais tirpalais, kad rašalas geriau įsiskverbtų į audinį. Marginant

pigmentiniais rašalais, ši operacija yra nereikalinga, nes pigmentinis rašalas sudaro tik paviršinį audinio sluoksnį ir jokių cheminių jungčių su audinio pluoštu nesudaro.

Svarbios audinių savybės yra atsparumas dilinimui ir pumpuravimuisi. Nustatyta, kad šias savybes pagerinti gali tam tikros apdailos operacijos ir apdorojimas cheminėmis medžiagomis. Viena iš atsparumą pumpuravimuisi pagerinančių operacijų yra svilinimas, nulyginantis audinio paviršių. Norint pagerinti šią audinio savybę, taikomi ir įvairūs cheminiai metodai, pvz. audinių paviršių apdorojant celulazės fermentais ir kt.

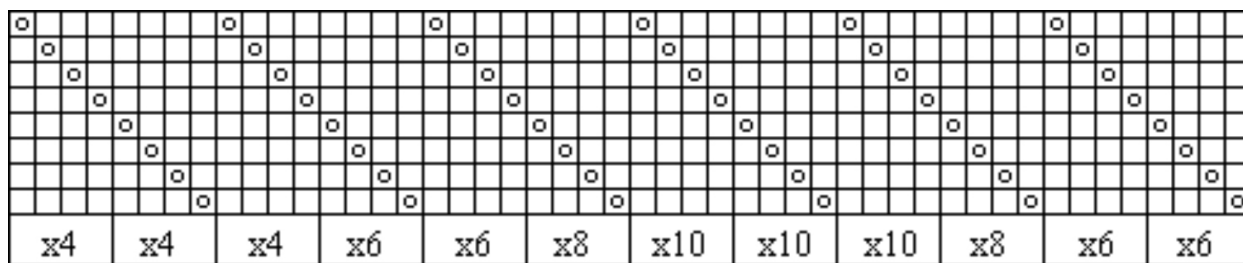
Taip pat svarbios apdailintų audinių fizinės savybės yra spalvos atsparumai įvairiems poveikiams: prakaitui, vandeniui, šlapiai ir sausai trinčiai. Šie atsparumai padidinami skirtingais metodais celiulioziniais ir baltyminiams pluoštams.

Taigi literatūroje aptarti visi šilkinių ir lininių audinių apdailos procesai ir vartojamųjų bei fizinių savybių pagerinimo metodai, tačiau darbo metu siekiant pagerinti analizuojamų lininių / šilkinių audinių savybes, abiem pluoštams tinkančius metodus būtina kombinuoti ir derinti, ieškant tinkamiausių variantų ir geriausių minėtų audinių savybių. Būtent tai ir buvo daroma šio darbo metu.

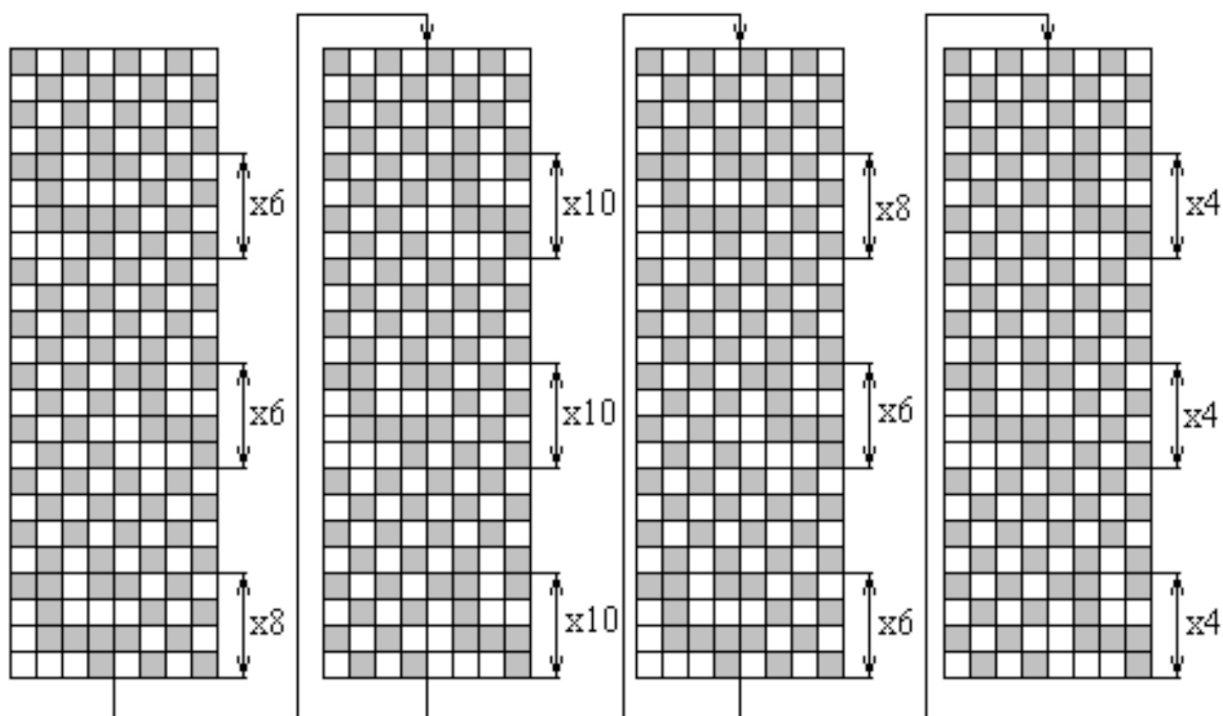
## 2. Tyrimo objektas ir metodika

### 2.1 Tyrimo objektas

Tiriamas audinio metmenys ir ataudai buvo pirminiai mišriaplauščiai 70% lino / 30% šilko verpalai, kurių ilginis tankis yra 26 tex. Audinio metmenų tankumas  $220 \text{ dm}^{-1}$ , ataudų tankumas  $223 \text{ dm}^{-1}$ . Audinys austas dvisluoksniu pynimu su sluoksnių keitimu. Jo vėrimas į nytis ir pynimo kortos pateiktos atitinkamai 2.1 ir 2.2 paveiksluose



2.1 pav. Audinio vėrimo į nytis schema



2.2 pav. Audinio pynimo kortos

Audinys austas „Itēma“ audimo staklėmis tekstilės įmonėje TŪB „Klasikinė tekstilė“. „Itēma“ nytkelinių audimo staklių maksimalus nyčių skaičius su kraštais yra 20. Maksimalus ataudų kaupiklių skaičius yra 8, t. y. galima naudoti ne daugiau kaip 8 ataudų spalvas. Kortos audimo staklėms sukuriamos „EASY LOOM“ programine įranga ir perkeliamos į audimo stakles atmintinės pagalba.

Visos audiniui suteiktos apdailos operacijos buvo atliktos prijungus bandinius prie masinės gamybos, todėl naudotos receptūros ir išlaikymo laikai galėtų būti išlaikyti, gavus masinės gamybos užsakymą.

## 2.2 Tyrimų metodika

### 2.2.1 Kondicinės sąlygos

Audinių bandiniai buvo kondicionuojami standartinėse kondicinėse sąlygose pagal standartą: LST EN ISO 139: 2005 / A1: 2011 „Tekstilinės medžiagos. Standartinis klimatas bandiniams paruošti ir bandyti“. Temperatūra  $20 \pm 2$  °C ir santykinis drėgnis  $65 \pm 4$  %.

### 2.2.2 Pumpuravimosi nustatymas

Abiem būdais margintų ir dažyto lininio / šilkinio audinio atsparumas pumpuravimuisi nustatytas KTU mokslinėje laboratorijoje pagal standartą LST EN ISO 12945-2:2000 „Tekstilė. Tekstilės medžiagų polinkio pūkuotis ir pumpuruotis nustatymas. 2 dalis. Modifikuotas Martindale'o metodas“. Bandymai atlikti Martindale'o dilinimo ir pumpuravimosi mašina MESDAN-LAB, Code 2561E (SDL ATLAS, Anglija) mašina.

Pagal standartą bandomasis audinys dilinamas į tą patį bandomąjį audinį. Dilinimo mašina stabdoma kas standarte nurodomą dilinimo ciklą skaičių ir įvertinamas audinio pumpuravimosi apžiūrimasis vertinimas, kurio aprašymai pateikti 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė Pumpuravimosi apžiūrimasis vertinimas

| Laipsnis | Aprašymas  |
|----------|--|
| 5        | Nepakito.  |
| 4        | Nežymus pūkavimasis paviršiuje ir (arba) dalinai susiformavę pumpurėliai.  |
| 3        | Vidutinis pūkavimasis paviršiuje ir (arba) vidutinis pumpuravimasis. Įvairaus dydžio ir tankumo pumpurėliai dalinai dengia bandinio paviršių.  |
| 2        | Ryškus pūkavimasis paviršiuje ir (arba) ryškus pumpuravimasis. Įvairaus dydžio ir tankumo pumpurėliai dengia didelę bandinio paviršiaus dalį.  |
| 1        | Ypač ryškus pūkavimasis paviršiuje ir (arba) ypač ryškus pumpuravimasis. Įvairaus dydžio ir tankumo pumpurėliai dengia visą bandinio paviršių. |

TŪB „Klasikinė tekstilė“ cheminėje laboratorijoje buvo nustatytos šios abiem būdais margintų ir dažyto audinio savybės:

- spalvos atsparumas skalbimui, prakaitui;
- spalvos atsparumas sausai, šlapiai trinčiai;
- audinio santraukos metmenų ir ataudų kryptimis po buitinio skalbimo;
- audinio santraukos metmenų ir ataudų kryptimis po skalbimo, minkštinimo ir dažymo gaminių departamente;
- audinių pH vertės matavimas, naudojant ištraukimo metodą.

Audiniai atiduoti patikrinti sertifikuotai laboratorijai – gautas OEKO Tex standartas, 2-oji klasė.



### 2.2.3 Spalvos atsparumas skalbimui, prakaitui



**2.3 pav.** Wastech atsparumų tikrinimo įrenginys Roaches (Anglija)

Atsparumai tikrinti Washtec Roaches (Anglija) atsparumų tikrinimo įrenginiu (2.3 paveikslas). Šiuo įrenginiu testuojami atsparumai skalbimui ir prakaitui. Naudojamas standartas:

Atsparumas skalbimui nustatyti: LST EN ISO 105–C06

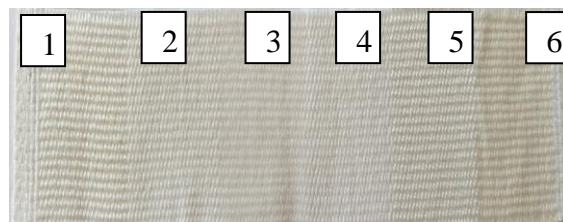
Naudojamos medžiagos:

standartinis muilas 706-749 (be optinio baliklio);

distiliuotas vanduo;

natrio perborato tetrahidratas, 1 g/l;

nedažytas mišriapluoštis audinys 702-421 (2.4 paveikslas).



**2.4 pav.** Nedažytas mišriapluoštis audinys 702-421. 1 – acetatas; 2 – medvilnė; 3 – nailonas 66; 4 – PE; 5 – PA, 6 – vilna

Vonios modulis 1:50. Iš distiliuoto vandens ir standartinio muilo tipalo paruošiamas darbinis tirpalas (5 g standartinio muilo 706-749, 95 g distiliuoto vandens). Tiriamas dažytas pavyzdėlis sudubliuojamas su nedažytu mišriapluoščiu audiniu ir apdorojamas specialiame inde (indo tūris – 550 ml) plovimo tirpalu su natrio perborato tetrahidratu 1 g/l, išlaikant nurodytas sąlygas: temperatūrą, trukmę, pH). Indas patalpinamas į „Washtec Roaches“ (Anglija) atsparumų tikrinimo įrenginį. Palaikoma 40 °C temperatūra ir išlaikoma 30 min.

Spalvos pasikeitimas vertinamas, naudojant pilkąją skalę (2.4 paveikslas). Abiejų audinių nusidažymo laipsnis įvertinamas balu pagal pilkąją skalę ir užregistruojamas.

Atsparumams prakaitui nustatyti naudotas standartas LST EN ISO 105–E04.

Naudojamos medžiagos:

- rūgštinis prakaito tirpalas, pH 5,5;
- 1-gistidinomonohidrochlorido monohidratas 0,5 g/l;
- natro chloridas 2,0 g/l;
- dinatriohidrofosfato dihidratas  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$  2,2 g/l.

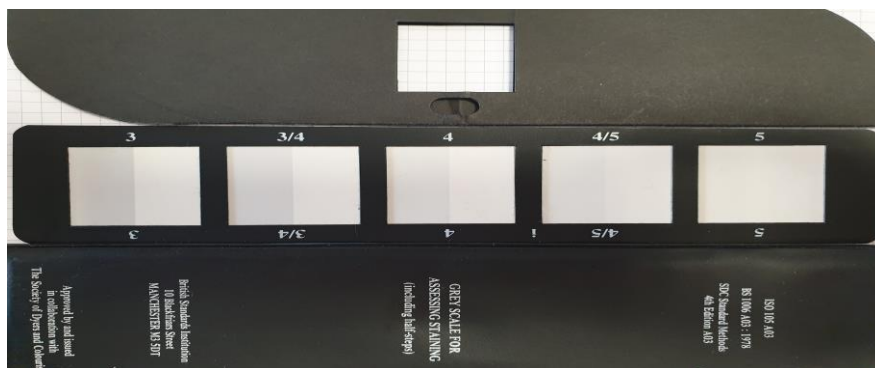
Tiriamasis audinys ir mišriapluoštis audinys gerai suvilgomi prakaito tirpale, nustatomas pH. Tiriamas dažytas pavyzdėlis sudubliuojamas su nedažytu mišriapluoščiu audiniu ir apdorojamas specialiame inde, kurio tūris 550 ml. Tirpalo temperatūra 40 °C. Spalvos pasikeitimas vertinamas, naudojantis pilkąja skale (2.4 paveikslas). Abiejų audinių nusidažymo laipsnis įvertinamas balu pagal pilkąją skalę ir užregistruojamas.

#### 2.2.4 Spalvos atsparumas sausai, šlapiai trinčiai



Bandymas atliekamas pagal LST EN ISO 105-X12:2016 standartą. Bandymas atliekamas standartinėse klimato sąlygose pagal ISO 139 standartą. Tekstilės medžiagos bandiniai trinami sausu ir šlapiau trynimo audiniu. Trynimas atliekamas su *Roaches* krokmetru (2.5 paveikslas). Krokmetras yra automatinis, todėl užtenka, nuleidus prispaudžiamąją galvą su mišriapluoščiu audiniu (2.4 pav.), nustatyti trynimų skaičių ir paspausti „Start“ mygtuką. Bandinys yra spaudžiamas  $9 \text{ kN} \pm 0,2 \text{ kN}$  jėga. Juda pirmyn 10 kartų ir atgal 10 kartų. Trynimo audinio nusidažymas yra vertinamas pagal pilkąją nusidažymo skalę, esant tinkamam apšvietimui. Pilkoji skalė matoma 2.6 paveiksle.

2.5 pav. Krokmetras *Roaches* (Anglija)



2.6 pav. Pilkoji skalė. ISO 105 A03 BS 1006 A03:1978

### 2.2.5 Audinio santraukos metmenų ir ataudų kryptimis po buitinio skalbimo

Bandiniai išlaikomi standartinėse klimato sąlygose (standartinėse kondicinėse sąlygose pagal standartą LST EN ISO 139: 2005 / A1: 2011 “Tekstilinės medžiagos. Standartinis klimatas bandiniams paruošti ir bandyti“) ir, prieš jį atitinkamu būdu skalbiant ir džiovinant, ženklinami ir matuojami pagal ISO 3759. Po džiovinimo, išlaikymo standartinėmis klimato sąlygomis ir pakartotinio bandinio matavimo skaičiuojami matmenų pokyčiai.

Vidutinis matmenų pokytis išilgine ir skersine kryptimi apskaičiuojamas pagal ISO 3759:

$$\text{Pokytis išilgine kryptimi procentais} = \frac{\text{ilgis po apdorojimo} - \text{pradinis ilgis}}{\text{pradinis ilgis}} \times 100$$

$$\text{Pokytis skersine kryptimi procentais} = \frac{\text{ilgis po apdorojimo} - \text{pradinis ilgis}}{\text{pradinis ilgis}} \times 100$$

Matmenų pokytis žymimas minuso (-) ženklu, jei matmuo sumažėjo (susitraukimas), arba pliuso (+) ženklu, jei jis padidėjo (pailgėjimas).

### 2.2.6 Audinio santraukos metmenų ir ataudų kryptimis po skalbimo, minkštinimo ir dažymo gaminių departamente

Audinio santraukos po skalbimo, minkštinimo ar dažymo gaminiuose atliekamos analogiškai kaip ir po buitinio skalbimo, tik šie bandiniai yra pritaikomi prie realios gamybos ir prijungiami prie jau realizuojamų gaminių apdirbimo. Gavus jau išdžiovintą bandinį, jis laikomas kondicionuojamoje patalpoje 30 min, po to atliekami matavimai pagal ISO 3759 standartą.

### 2.2.7 Audinių pH vertės matavimas, naudojant ištraukimo metodą

Audinių pH vertė yra nustatoma, naudojant LST EN ISO 3071 standartą.

Naudojamos medžiagos:

- distiliuotas vanduo;
- pH-metras (2.7 paveikslas).

Norint nustatyti audinio pH, reikia atsverti 2 g tiriamojo bandinio ir labai smulkiai susmulkinti, kad distiliuoto vandens ir bandinio kontaktinis paviršius būtų kuo didesnis. Bandinys sudedamas į 150 ml tūrio stiklinę ir užpilamas 100 ml distiliuotu vandeniu. Ruošiamas tirpalas maišomas 1 valandą. Po valandos tirpalas yra nupilamas nuo audinio gabaliukų ir su pH-metru matuojama gauto tirpalo pH vertė.



**2.7 pav.** pH/ORP vandeniui atsparus pH matavimo instrumentas „Hanna instruments“ (JAV)

## **2.2.8 Testai OEKO Tex standartui gauti**

Audiniai atiduoti patikrinti sertifikuotai laboratorijai – gautas OEKO Tex standartas, 2-oji klasė.

Atlikti testai ir jų standartai:

Paviršinių drėkinimo reagentų likučių nustatymo testas:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart M-25*. Edition 2017 v2.0

Kancerogeninių arilaminų kiekio nustatymo testas:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart 201 M-3* Edition 2018-04-16 v.2.6
- Nustatymo sistemos standartas - *Oeko-Tex® Standart 201 M-5* edition 2006 v1.2

Anilino kiekio nustatymas:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart 201 M-3* Edition 2017 v.2.5
- Nustatymo sistemos standartas - *Oeko-Tex® Standart 201 M-5* edition 2017 v2.0

Formaldehidų kiekio nustatymas:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart 201 M-8* v1.9:2013

pH vertės nustatymas ištraukimo metodu:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart 201 M1* v2.2:2017

Sunkiųjų metalų nustatymo metodas:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart 201 M-11* Edition 2017 v2.0
- Nustatymo sistemos standartas – *Oeko-Tex® Standart 201 M-10* Edition 2017 v2.0

Organinių alavo junginių nustatymas:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart* 201 M-17 Edition 2017 v.2.0
- Nustatymo sistemos standartas – *Oeko-Tex® Standart* 201 M-5-A Edition 2017 v.2.0

Kadmio ir švino junginių nustatymas:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart* 201 M-21 v1.2:2012
- Nustatymo sistemos standartas – *Oeko-Tex® Standart* 201 M-11 v1.2:2001

Fenolių ir chloro kiekio nustatymo metodas:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart* 201 M-7 Edition 2018-04-16 v.2.4
- Nustatymo sistemos standartas – *Oeko-Tex® Standart* 201 M-5 Edition 2017 v.2.0

Benzenų, toluenų kiekio nustatymo metodas:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart* 201 M-2 Edition 2017 v.2.1
- Nustatymo sistemos standartas – *Oeko-Tex® Standart* 201 M-5 Edition 2017 v.2.0

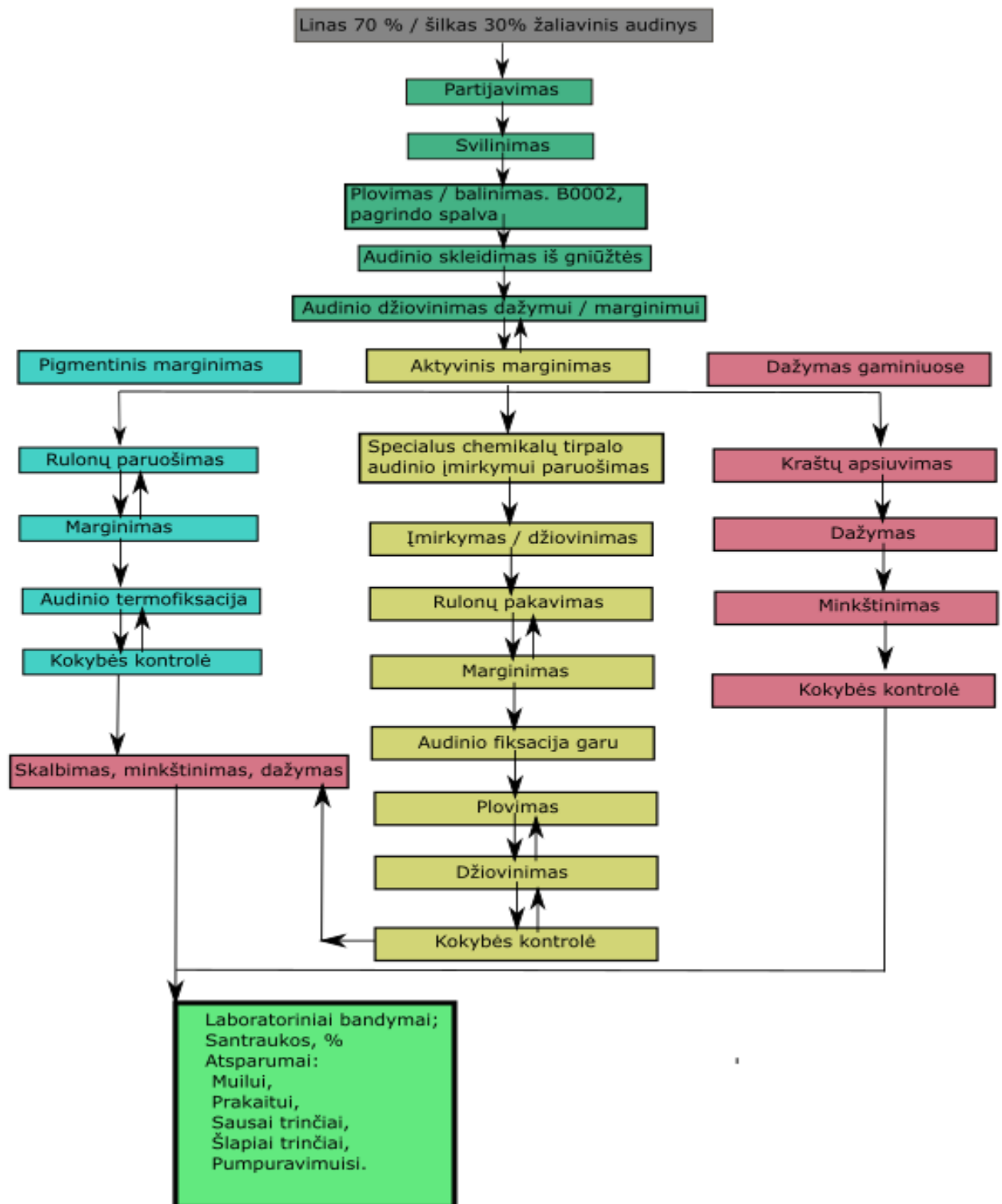
Spalvos atsparumas sausai trinčiai:

- Testavimo metodas – *Oeko-Tex® Standart* 201 M-9 C v.2.5:2013
- Įranga – krokmetras.

### 3. Tyrimo rezultatai

#### 3.1 Tiriamų audinių apdailos technologinės eigos

Nustatytos tiriamų audinių apdailos technologinės eigos matomos 3.1 paveiksle.



3.1 pav. Tiriamo lininio / šilkinio audinio apdailos technologinė eiga

### 3.1.1 Audinių partijavimas

Audins yra prijungiamas prie masinės gamybos audinių partijos: iš audyklos gauti audiniai yra sujungiami tarpusavyje, lygiai susiuvami ir išklostomi į transportavimo vežimą. Klostoma naudojant klostymo-rūšiavimo įrenginį *MKO-180* (Vokietija). Vidutinis klostymo greitis – 15 m/min. Audinių partijai suteikiamas pasas, kuris yra pildomas kiekvienos operacijos metu. Pagal šiame pase esantį identifikacijos numerį išrašomos receptūros.

### 3.1.2 Audinių svilvinimas

Audinių svilvinimas atliekamas „VOLLENWEIDER“ (Vokietija) svilvinimo įrenginiu. Svilvinimui naudojamos techninės dujos. Degiklių liepsna tiesiogiai kontaktuoja su svilvinamo audinio paviršiumi, todėl šis procesas yra itin greitas, nes klaidos atveju audins tiesiog užsidegtų. Nors šis procesas dėl didelio audinio judėjimo greičio trunka neilgai, pasiruošimo darbai prieš paleidžiant įrenginį sudaro didžiąją dalį darbo laiko. Svilvinamo audinio greitis įrenginyje visu darbu režimu siekia 55 m/min. Liepsnos intensyvumas yra standartinis ir skirtingų audinių atveju nėra keičiamas.

### 3.1.3 Pagrindo spalvos dažymas

Kadangi audiniai bus marginami, būtina pirmiausia nudažyti audinį pagrindine fono spalva. Ši spalva vadinama B0002 spalva. Tai atitinkamo baltumo spalva. Ji yra gaunama audinį balinant. Balinimas vyksta gniūžtėje „Minox“ (Italija) įrenginyje. Reikia laikytis nustatyto režimo, norint pasiekti reikiamą baltumo lygį bei kontroliuoti procesą būsimums partijoms. Tyrimo metu naudoto audinio receptūra ir režimas pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė Įrenginio „Minox“ vienos tūtos technologinis režimas balinimui. Maksimalus vandens kiekis 0,25 m<sup>3</sup>, modulis 1:20

| Eil. Nr. | Proceso pavadinimas                     | Kiekis g/l | Temperatūra C° | Laikas, min | Grad., °C/min |
|----------|---|------------|----------------|-------------|---------------|
| 1        | Vandens prileidimas                     |            |                | 3           |               |
| 2        | Temperatūros kėlimas                    |            | iki 40         | 3           |               |
| 3        | <b>Chemikalų ruošimas ir suleidimas</b> |            |                | 10          |               |
|          | Priešlūžinė medžiaga Breviol UFC conc.  | 0,3        |                |             |               |
|          | Priešlūžinė medžiaga Breviol PAM-N      | 2          |                |             |               |
| 4        | Audinio pakrovimas                      |            |                | 5           |               |
| 5        | Temperatūros kėlimas                    |            | 40-50          | 5           | 2             |
| 6        | <b>Chemikalų ruošimas ir suleidimas</b> |            |                | 20          |               |

|    |  |     |       |    |   |
|----|--|-----|-------|----|---|
|    | Medžiaga prieš putų susidarymą Sera Foam M-HTS | 0,3 |       |    |   |
|    | Kompleksodaris Sera quest C-PX                 | 1   |       |    |   |
|    | Stabilizatorius Contavan GAL                   | 1,4 |       |    |   |
|    | Kalcinuota soda                                | 6   |       |    |   |
|    | Ploviklis Foryl SF                             | 1   |       |    |   |
|    | 35% vandenilio peroksidas                      | 6   |       |    |   |
| 7  | Temperatūros kėlimas                           |     | 50-95 | 16 | 3 |
| 8  | <b>Balinimas</b>                               |     | 95    | 45 |   |
| 9  | Tirpalo aušinimas                              |     | 95-60 | 12 | 3 |
| 10 | Baltumo patikrinimas                           |     |       | 15 |   |
| 11 | Tirpalo išleidimas                             |     |       | 3  |   |
| 12 | Vandens prileidimas                            |     |       | 3  |   |
| 13 | Temperatūros kėlimas                           |     | 20-80 | 20 | 3 |
| 14 | <b>Skalavimas I</b>                            |     | 80    | 10 |   |
| 15 | Tirpalo aušinimas                              |     | 80-60 | 5  | 4 |
| 16 | Tirpalo išleidimas                             |     |       | 3  |   |
| 17 | Vandens prileidimas                            |     |       | 3  |   |
| 18 | Temperatūros kėlimas                           |     | 20-50 | 10 | 3 |
| 19 | <b>Chemikalų ruošimas ir suleidimas</b>        |     |       |    |   |
|    | Citrinos rūgštis                               | 2   |       |    |   |
| 20 | <b>Neutralizacija</b>                          |     | 50    | 10 |   |
| 21 | Tirpalo išleidimas                             |     |       | 3  |   |
| 22 | Vandens prileidimas                            |     |       | 3  |   |
| 23 | <b>Skalavimas II su persipylimu</b>            |     | 20    | 15 |   |
| 24 | Vandens išleidimas                             |     |       | 3  |   |
| 25 | Audinio iškrovimas                             |     |       | 10 |   |



### 3.1.4 Gniūžtės skleidimas

Audinių gniūžtės skleidimui-plovimui, kai audinio plotis iki 160 cm, naudojama „MCS starwash/Bianco“ (Italija) įrenginių linija. Šiame įrenginyje audinys ne tik išskleidžiamas, bet ir papildomai nuplaunamas. Procesu metu naudojami įrenginio nustatymai pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Įrenginio „MCS starwash/Bianco“ (Italija) pagrindinių parametų vertės

| Pagrindiniai parametrai                              | Parametų vertės |
|--|-----------------|
| Audinio svoris                                       | Iki 300 g/l     |
| Audinio įtempis įrenginyje                           | 15 kg           |
| Audinio greitis                                      | 35-40 m/min     |
| Siurblio, tiekiančio vandenį į purkštukus, pajėgumas | 80 %            |
| Pratekantis vanduo, paleidus įrenginį                | 60 l/10*kg      |
| Temperatūra  | 30 °C           |

Labai svarbu įvertinti audinių apsipūkavimo lygį. Didinant pratekančio pro audinį vandens kiekį, suaktyvinamas „persipylimo“ režimas, kurio metu vandens sunaudojimas žymiai išauga, tačiau geriau nuplaunami audinio pūkai. Tiriamojo audinio 70% lino / 30% šilko pluoštų mišinys nereikalauja šios funkcijos suaktyvinimo, todėl taupomas vanduo.

### 3.1.5 Audinio džiovinimas dažymui / marginimui

Džiovinama keturių kamerų džiovinimo-platinimo mašina „Unitech“ (Italija), kuri yra sujungta su pliusuote bei ataudų tiesinimo įrenginiu. Kai audinys yra džiovinimas dažymui / marginimui, privalu, kad jis būtų išdžiovintas kuo tiesiau ir su maža paskuba, t.y. kad būtų lygus.

Džiovinimo-platinimo proceso parametrai pateikti 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Įrenginio „Unitech“ pagrindinių džiovinimo parametų vertės

| Pagrindiniai parametrai | Parametų vertės |
|-------------------------|-----------------|
| Slėgis pliusuotėje      | 4 bar           |
| Grandinės tipas         | adatinė         |
| Paskuba                 | 0 %             |
| Greitis                 | 20±2 m/min      |

|             |  |
|-------------|--|
| Temperatūra | zona I 140 °C<br>zona II 140 °C<br>zona III 140 °C<br>zona IV 140 °C |
|-------------|--|

Šiame procese išsiskiria pigmentinio ir aktyvinio marginimo paruošimo technologija. Pigmentiniam marginimui išdžiovintas audinys privalo būti suvyniojamas į velenus ne daugiau kaip po 50 metrų, kad nevirsytų leistino veleno skersmens pigmentinio marginimo mašinoje. Šiame žingsnyje pigmentiniam marginimui paruoštas audinys jau gauna PFP statusą. Aktyviniam marginimui skirtas audinys privalo būti įmirkytas į specialų chemikalų mišinį, skirtą aktyviniam rašalui užfiksuoti. Šis dviejų naudotų marginimo būdų skirtumas atsiranda dėl rašalų sudėties skirtumo: pigmentiniai rašalai turi fiksatorių savo sudėtyje – jų fiksavimas atliekamas aukštoje temperatūroje, o aktyviniai rašalai privalo būti fiksuojami sočiuose garuose, esant temperatūrai, kuri yra artima rasos taškui.

### 3.2 Audinių aktyvinis marginimas

#### 3.2.1 Audinio paruošimas aktyviniam marginimui

Audinys ruošiamas aktyvinimam marginimui džiovinimo-platinimo mašinoje „Unitech“ (Italija), kuri sujungta su pliusuote. Chemikalų inde reikia paruošti tirpalą, į kurį yra mirkomas audinys. Svarbiausi aspektai šiame etape yra: chemikalų inde ruošiamų sudedamųjų dalių (3.4 lentelė) maišymas (šis tirpalas yra ruošiamas chemikalų paruošimo patalpoje, vėliau transportuojamas ir išpumpuojamas į pagrindinį chemikalų indą reikiama tvarka – nepermaišant).

3.4 lentelė. Įrenginio „Unitech“ pagrindinių įmirkymo elementų sąrašas

| Chemikalų pavadinimas | g/l |
|-----------------------|-----|
| Karbamidas            | 100 |
| Meropan XR granuliat  | 20  |
| Diamontex PAD-U       | 0,5 |
| Diamontex SEQ-U       | 1   |
| Kalcinuota soda       | 40  |
| Diamontex HD-U        | 100 |

Nurodyti komponentai receptūroje sudaro vieną iš svarbiausių veiksmų galutiniam, aktyviniu marginimo būdu margintų audinių, spalvų ir linijų tikslumo rezultatui. Kiekvienas iš šių komponentų yra labai svarbus ir atlieka savo funkcijas.

Karbamidas „Urea“ („Margūnas“, Lietuva) – tai anglies rūgšties diamidą  $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$ . Šis komponentas reguliuoja spalvų ryškumą. Perdžiovinus audinį džiovintuve, šis junginys įmirkymo metu gali suskilti. Skilimo metu audinys pradeda geltonuoti. Esant per mažai karbamido koncentracijai, galutinis spalvų ryškumas audinyje netenkins lūkesčių.

Meropan XR granulat – tai natrio 3-nitrobenzensulfonatas. Šis oksidavimo agentas apsaugo nuo rašalo spalvų išsiliejimo ir apsprendžia piešinio linijų aštrumą.

Diamontex HD-U – poliakrilamido pagrindu paruoštas tirpalas. Veikia kaip tirštiklis. Padidina dažų adheziją ir sumažina migracijos galimybę.

Diamontex PAD-U – sulfosukcinato ir riebiųjų alkoholių etoksilatų junginys. Jis veikia kaip vilgiklis.

Diamontex SEQ-U - alkilfosfoninės rūgšties natrio druskų vandeninis tirpalas. Šis tirpalas deaktivuoja nereikalingus metalų jonus ruošiamame tirpale, taip išvengiant nereikalingų tarpinių cheminių reakcijų.

3.5 lentelė. Įrenginio „Unitech“ pagrindinės įmirkymo parametrų vertės

| Pagrindiniai parametrai | Parametrų vertės   |
|-------------------------|--|
| Slėgis pliusuotėje      | 4 bar  |
| Grandinės tipas         | adatinė  |
| Paskuba                 | 0 %  |
| Greitis                 | 20±2 m/min   |
| Temperatūra             | zona I 140 °C<br>zona II 140 °C<br>zona III 140 °C<br>zona IV 140 °C |

Kaip ir pigmentiniam marginimui, po impregnavimo būtina suvynioti audinį į rulonus. Šie rulonai privalo būti supakuoti juoda plėvele, kuri nepraleistų šviesos ir oro, nes audinį reikia saugoti nuo oksidacijos. Taip supakuotas audinys gali būti ilgiau sandėliuojamas. Priešingu atveju susioksidavusį ir per ilgai laikytą audinį teks išplauti ir impregnuoti dar kartą. Kai audinys suvyniojamas (šiuo metu metražo apribojimų nėra), jis įgauna PFP statusą.

### 3.2.2 Aktyvinio marginimo, fiksacijos procesai

Aktyvinis ir pigmentinis marginimas atliekami dviem skirtingais spausdintuvais, tačiau skiriasi tik jų konstrukcija. Po marginimo aktyviniais rašalais būtų sudėtinga išplauti spausdintuvo galvą ir užpildyti pigmentiniais rašalais. Abiejų spausdintuvų galvose naudojamas pjezoelektrinis elementas. Tai DOD pjezoelektrinis metodas. Aktyviniam marginimui naudojamas portugalų modifikuotas

spausdintuvas MTex 500 C. Jo pirmtakas – MIMAKI (Japonija). Maksimalus spausdinamas audinio plotis 180 cm. Rašalai susieti su spausdintuvu, tad juos tenka pirkti iš gamintojo. Kiekvienas buteliukas kartu gauna mikroschemą, kuri yra vis atnaujinama ir pakeičiama kartu su rašalu. Sunaudoto rašalo kiekis apskaičiuojamas pagal pateiktą gamintojo rašalų suvartojimo formulę. Spausdinimo metu naudojamas režimas pateiktas 3.6 lentelėje.

3.6 lentelė. MTex 500 C skaitmeninio spausdinimo įrenginio naudojimo režimas

| Spaudos profilis                   | MTEX 500 Linas 600dpi Barbieri |                             |                           |                         |
|------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Greitis                            | 16 m/h                         |                             |                           |                         |
| Džiovinimo temperatūra, °C         | Mažo dengimo piešiniui         | Vidutinio dengimo piešiniui | Didelio dengimo piešiniui | Pilno dengimo piešiniui |
|                                    | 60-70                          | 70-80                       | 80-85                     | 85-90                   |
| Suvyniojimo įtempio jėgos momentas | 25-45 Nm                       |                             |                           |                         |

Dažų sunaudojimas apskaičiuojamas po spausdinimo ir suvartotų dažų kiekis yra užrašomas audinį lydinčiame pase.

Marginimo procesas prasideda nuo piešinio sumaketavimo. Labai svarbu įvertinti gaminio matmenis bei audinio santraukas po apdailos. Parinkus reikiamą piešinį ir išmatavimus, piešinys importuojamas į spausdintuvą. Audinys užtaisomas ir paleidžiamas spausdinimas. Aktyviniu būdu spausdintas audinys turi būti suvyniojamas į tamsią plėvelę, kuri nepraleidžia oro ir šviesos.

Aktyviniu būdu marginti audiniai privalo būti brandinami brandintuve „MTEX steamer 50“ (Portugalija). Tam reikalingas specialus įrenginys, kuris sudaro sąlygas aktyviniams dažams sureaguoti su audiniu ir fiksuotis. Šiam procesui reikalingas sotusis garas, temperatūra artima rasos taškui ir tam tikras audinio išlaikymas brandintuve. Pradedant brandinti labai svarbu pradėti brandinimo procesą ne per anksti. Reikia pro įrenginį praleisti daug įvadinio audinio, kuris surenka visą perteklinę drėgmę, susikaupusią brandintuvo kaitinimo metu. Viso šio proceso metu svarbu sekti audinio, išeinančio iš brandintuvo, drėgnį. Fiksacijos metu naudojamo brandintuvo režimas pateiktas 3.7 lentelėje.

3.7 lentelė. Įrenginio „MTEX steamer 50“ fiksacijos metu naudojamų parametų vertės

| Parametras                 | Parametro vertė |
|----------------------------|-----------------|
| Temperatūra, °C            | 102             |
| Išlaikymas fiksuojant, min | 15              |

|                      |    |
|----------------------|----|
| Drėgmė įrenginyje, % | 98 |
|----------------------|----|

### 3.2.3 Plovimas po fiksacijos

Pigmentiniu būdu marginto audinio galima neplauti po fiksacijos. Tokiam audiniui galima iš karto taikyti norimą tolesnę apdailą. Kitaip yra su aktyviniu marginimu. Šiems audiniams reikia atlikti plovimo operaciją. Galimi du plovimo variantai. Plovimas gniūžtėje, kurios metu suteikiama ir papildoma M50 apdaila, sumažinanti galimybę drabužių apdailos metu įgauti defektus – lūžius. Taip pat galimas plovimas ištiestame būvyje. Skirtumas tas, kad plaunant pilno dengimo piešinius gniūžtiniu būdu, jie per daug sulaužomi, matosi ištisiniai lūžiai metmenų kryptimi. Darbe pasirinktas piešinys yra nemažo dengimo, todėl norint išvengti rizikos, audiniai buvo plauti ištiestame būvyje, 4 vonių plovimo įrenginiuose su dideliu pratekėjimu – „MCS star wash“ plovimo linijoje. Audinio įtempimai įėjime ir išėjime – 25 N. Audinio greitis plovimo metu – 20 m/min. Naudoti chemikalai: Zetesar SR ekstra, Setacid AB konc (Vokietija). Audinio plovimo režimas pateiktas 3.8 lentelėje.

3.8 lentelė. „MCS star wash“ audinių po fiksacijos plovimui naudotas režimas

| Vonios numeris | Vonios tūris, l | Chemikalas, jo koncentracija, g/l | Chemikalų tiekimo siurblys | Vandens temperatūra, °C |
|----------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1              | 150             |                                   |                            | 40                      |
| 2              | 350             |                                   |                            | 60                      |
| 3              | 350             | Zetesar SR ekstra, 1              | PD 1                       | 60                      |
| 4              | 350             |                                   |                            | 70                      |
| 5              | 350             |                                   |                            | 70                      |
| 6              | 350             |                                   |                            | 50                      |
| 7              | 350             |                                   |                            | 50                      |
| 8              | 350             |                                   |                            | 20                      |
| 9              | 350             |                                   |                            | 20                      |
| 10             | 150             | Setacid AB konc, 1                | PD 6                       | 20                      |

### 3.3 Audinių pigmentinis marginimas

#### 3.3.1 Pigmentinio marginimo ir fiksacijos procesai

Pigmentui naudojamas kiek paprastesnės konstrukcijos MIMAKI (Japonija) spausdintuvas, naudojamos kasetės su pigmentiniais rašalais. Abiejų spausdintuvų operacinės sistemos nesiskiria viena nuo kitos, paprastina jų naudojimą.

### 3.9 lentelė. „Mimaki“ skaitmeninio spausdinimo įrenginio naudojimo režimas

|                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| Spaudos profilis | MTEX 500 Linas 600dpi Barbieri |
| Greitis          | 4 m/h                          |

Aktyvinio ir pigmentinio marginimo fiksacijos procesai ženkliai skiriasi. Pigmentiniu būdu marginti audiniai yra užtaisomi džiovinimo-platinimo įrenginyje, praleidžiant pliusuotę. Kol pigmentas nėra užfiksuotas, reikia vengti kontakto su drėgme. Fiksuojama esant 150 °C temperatūrai, atsižvelgiant į audinio storį; nuo to priklauso išlaikymo laikas. Po fiksacijos iš karto galima atlikti kitas apdailos operacijas, bet norint atlikti spalvos atsparumo bandymus, reikia laukti mažiausiai 24 valandas, norint gauti tikslius rezultatus. Fiksacijai naudoto džiovinimo-platinimo įrenginio „Unitech“ režimas pateiktas 3.10 lentelėje.

### 3.10 lentelė. Įrenginio „Unitech“ pagrindinių džiovinimo parametrų vertės

| Pagrindiniai parametrai | Parametrų vertės   |
|-------------------------|--|
| Grandinės tipas         | adatinė  |
| Paskuba                 | 4 %  |
| Greitis                 | 8±1 m/min  |
| Temperatūra             | zona I 150 C°<br>zona II 150 C°<br>zona III 150 C°<br>zona IV 150 C° |

## 3.4 Audinių dažymas, minkštinimas

Kai audinys įgauna PFD statusą po pirminių apdailos procesų, jį galime dažyti ir minkštinti gaminių skyriuje. Paruoštas audinys yra apsiuvas, kad dažymo metu neiširtų verpalai. Dažymas ir minkštinimas atliekamas tame pačiame įrenginyje „BRONGO LC-150“ (Italija). Įrenginio parametrai ir naudotas režimas audinių dažymui ir minkštinimui pateiktas atitinkamai 3.11 ir 3.12 lentelėse.

### 3.11 lentelė. Įrenginio „BRONGO LC-150“ dažymo ir minkštinimo parametrai

|                |       |
|----------------|-------|
| Modulis        | 1:14  |
| Karštas vanduo | 40 °C |
| Šaltas vanduo  | 20 °C |

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| Minimalus pakrovimas  | 15 kg |
| Maksimalus pakrovimas | 40 kg |

3.12 lentelė. Įrenginio „BRONGO LC-150“ dažymo ir minkštinimo režimas

| Eil. Nr. | Proceso pavadinimas                | Kiekis, g/l     | Temp., °C | Laikas, min | Grad., °C/min | Vanduo, l |
|----------|------------------------------------|-----------------|-----------|-------------|---------------|-----------|
| 1        | Gaminių pakrovimas                 |                 |           | 3           |               |           |
| 2        | Vandens prileidimas                |                 | 40        | 2           |               | 200-1000  |
| 3        | Chemikalų paruošimas ir suleidimas |                 |           |             |               |           |
|          | <i>FELOSAN NFG</i>                 | 0,3             |           | 2           |               |           |
|          | <i>BIAVIN BPA</i>                  | 2               |           | 2           |               |           |
|          | <i>BEISOL T 2090</i>               | 3               |           | 2           |               |           |
| 4        | Temperatūros kėlimas               |                 | 40-65     | 6           | 4             |           |
| 5        | Darbas                             |                 | 65        | 15          |               |           |
| 6        | Tirpalo išleidimas                 |                 |           | 2           |               |           |
| 7        | Vandens prileidimas                |                 | 20        | 2           |               | 200-1000  |
| 8        | Skalavimas                         |                 | 20        | 5           |               |           |
| 9        | Centrifūgavimas                    |                 |           | 3           |               |           |
| 10       | Vandens prileidimas                |                 | 40        | 2           |               | 200-1000  |
| 11       | Chemikalų paruošimas ir suleidimas |                 |           |             |               |           |
|          | <i>BIAVIN BPA</i>                  | 2               |           | 2           |               |           |
|          | <i>ALBAFLOW JET</i>                | 0,5             |           | 2           |               |           |
|          | <i>SARABID MIP</i>                 | 1,5             |           | 2           |               |           |
| 12       | Temperatūros kėlimas               |                 | 40-60     | 5           | 4             |           |
| 13       | Darbas                             |                 | 60        | 5           |               |           |
| 14       | Dažų paruošimas ir suleidimas      | (pagal recept.) | 60        | 2           |               |           |

|    |                                    |                 |       |    |   |          |
|----|------------------------------------|-----------------|-------|----|---|----------|
| 15 | Darbas                             |                 | 60    | 5  |   |          |
|    | Chemikalų paruošimas ir suleidimas |                 |       | 2  |   |          |
| 16 | <i>Druska</i>                      | (pagal recept.) |       |    |   |          |
| 17 | Darbas                             |                 | 60    | 30 |   |          |
|    | Chemikalų paruošimas ir suleidimas |                 |       | 2  |   |          |
| 18 | Kalcinuota soda                    | (pagal recept.) |       | 2  |   |          |
| 19 | Darbas                             |                 | 60    | 15 |   |          |
|    | Chemikalų paruošimas ir suleidimas |                 |       |    |   |          |
| 20 | Šarmai                             | (pagal recept.) |       | 2  |   |          |
| 21 | Darbas                             |                 | 60    | 35 |   |          |
| 22 | Spalvos tikrinimas                 |                 |       | 5  |   |          |
| 23 | Tirpalo išleidimas                 |                 |       | 2  |   |          |
| 24 | Vandens prileidimas                |                 | 20    | 2  |   | 200-1000 |
| 25 | Skalavimas                         |                 | 20    | 5  |   |          |
| 26 | Vandens išleidimas                 |                 |       | 2  |   |          |
| 27 | Vandens prileidimas                |                 | 40    | 2  |   | 200-1000 |
| 28 | Temperatūros kėlimas               |                 | 40-60 | 5  | 4 |          |
| 29 | Darbas                             |                 | 60    | 5  |   |          |
| 30 | Vandens išleidimas                 |                 |       | 2  |   |          |
| 31 | Vandens prileidimas                |                 | 20    | 2  |   | 200-1000 |
| 32 | Skalavimas                         |                 | 20    | 5  |   |          |
| 33 | Vandens išleidimas                 |                 |       | 2  |   |          |
| 34 | Vandens prileidimas                |                 | 40    | 2  |   | 200-1000 |
|    | Chemikalų paruošimas ir suleidimas |                 |       |    |   |          |
| 35 | <i>80% acto r. - 1 ml/l</i>        |                 |       | 2  |   |          |



|    |                                    |                 |       |    |   |          |
|----|------------------------------------|-----------------|-------|----|---|----------|
|    | CELULAZĒ                           | (0,5-1)%        |       | 2  |   |          |
| 36 | Temperatūros kēlimas               |                 | 40-55 | 3  | 4 |          |
| 37 | Darbas                             |                 | 55    | 15 |   |          |
| 38 | Temperatūros kēlimas               |                 | 55-80 | 6  | 4 |          |
| 39 | Darbas                             |                 | 80    | 1  |   |          |
| 40 | Aušinimas                          |                 | 80-60 | 3  |   |          |
| 41 | Tirpalo išleidimas                 |                 |       | 2  |   |          |
| 42 | Vandens prileidimas                |                 | 20    | 2  |   | 200-1000 |
| 43 | Skalavimas                         |                 | 20    | 5  |   |          |
| 44 | Centrifūgavimas (greitas)          |                 |       | 3  |   |          |
| 45 | Vandens prileidimas                |                 | 20    | 2  |   | 200-1000 |
| 46 | Chemikalų paruošimas ir suleidimas |                 |       |    |   |          |
|    | <i>Acto rūgštis 80% - 0,5 ml/l</i> |                 |       | 2  |   |          |
|    | <i>Minkštiklis</i>                 | (pagal recept.) |       | 2  |   |          |
| 47 | Temperatūros kēlimas               |                 | 20-40 | 5  | 4 |          |
| 48 | Darbas                             |                 | 40    | 15 |   |          |
| 49 | Centrifūgavimas (greitas)          |                 |       | 5  |   |          |
| 50 | Gaminių iškrovimas                 |                 |       | 3  |   |          |

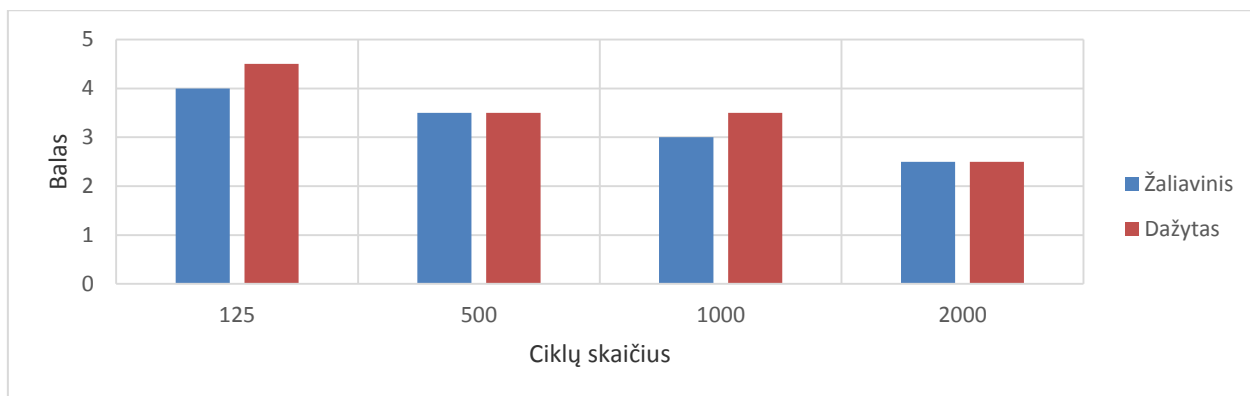
Viso: 4 val. 36 min.

276

### 3.5 Audinių fizikinių-mechaninių ir vartojamųjų savybių tyrimas

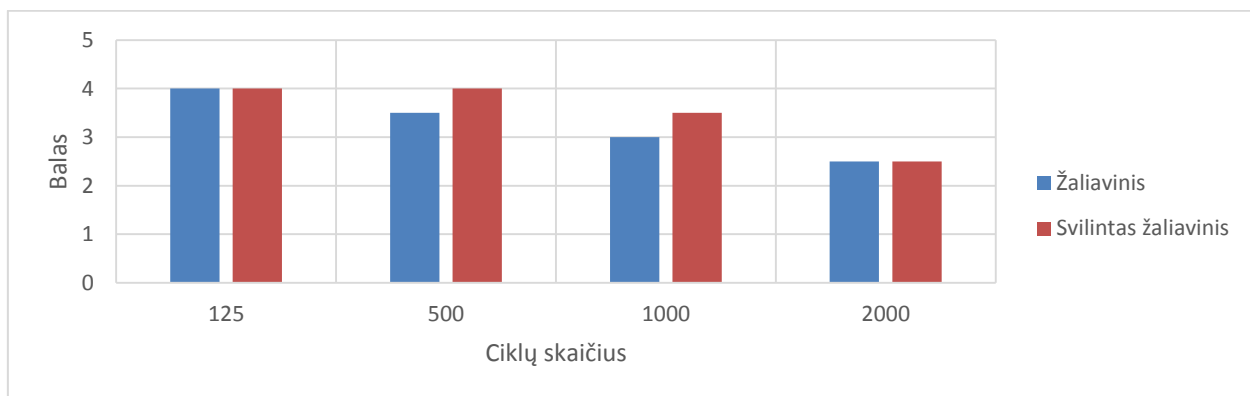
#### 3.5.1 Atsparumo pumpuravimuisi tyrimas

Siekiant įvertinti apdailos gamybos sukeltus veiksniai tiriamojo audinio pumpuravimosi rezultatams, pirmiausia atliktas pumpuravimosi nustatymo testas žaliai audiniui ir dažytam drabužių departamente. Pumpuravimosi testo pradžioje (po 125 ciklų) dažyto audinio rezultatas buvo 0,5 balo geresnis nei žalio audinio (3.2 paveikslas). Pumpuravimosi nustatymo testo viduryje (po 500 ir 1000 ciklų) vertinimai labai supanašėjo, balas tuo metu siekė 3,5. Baigus pumpuravimosi nustatymo testą, abu audiniai vertinami po 2,5 balo.



**3.2 pav.** Žalio ir dažyto, be papildomos apdailos, lino / šilko audinio pumpuravimosi testo vertinimas

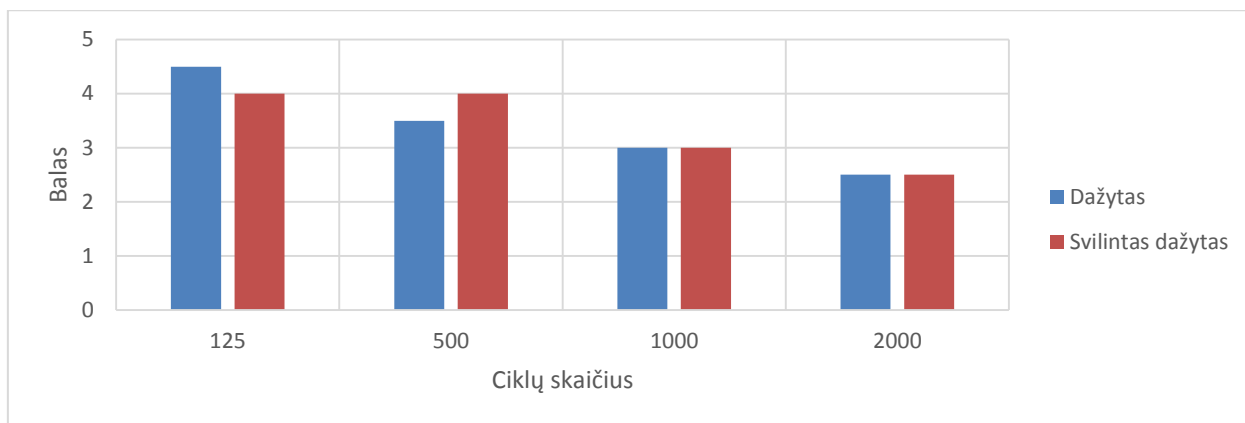
3.3 ir 3.4 paveiksluose parodytos atitinkamai žalio ir dažyto audinių su sviliniu ir be jo stulpelinės diagramos. Iš 3.3 paveikslė pateikto grafiko matyti, kad žalias audinys pumpuruojasi palaipsniui, pumpuravimosi balai tolygiai mažėja, tuo tarpu svilinto žalio audinio pumpuravimosi balai dilinimo pradžioje ir viduryje kinta lėčiau – prie 125 ir 500 dilinimo ciklų balai išlieka nepakitę, o prie 1000 ciklų sumažėja tik 0,5 balo. Tačiau po 2000 ciklų abu audiniai vertinami po 2,5 balo.



**3.3 pav.** Žalio ir svilinto žalio, be papildomų apdailų, lino / šilko audinio pumpuravimo nustatymo testo vertinimas (A diagrama)

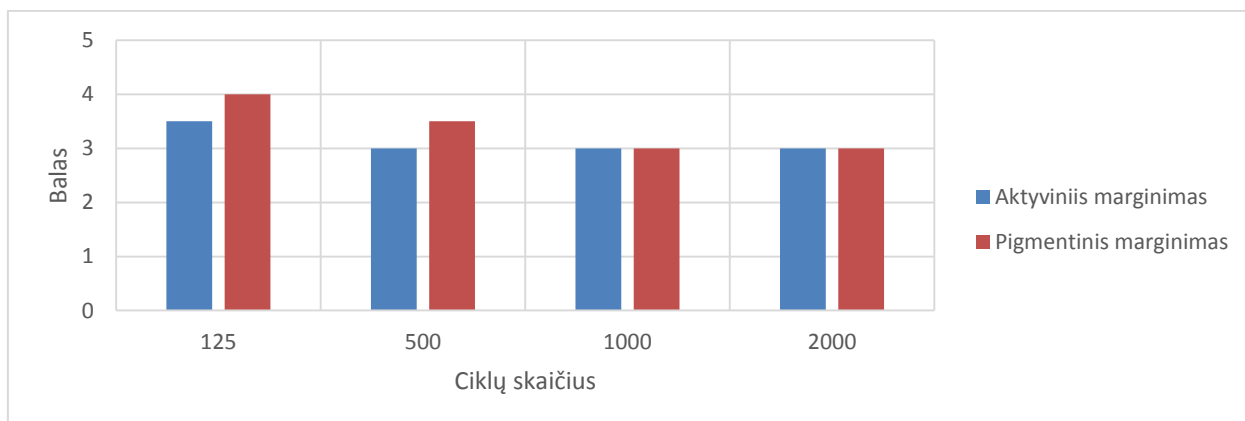
Siekiant pagerinti lininio / šilkinio audinio pumpuravimosi savybes mechaniškai, prie apdailos operacijų buvo prijungtas svilinimas. Siekiant įvertinti svilinimo įtaką audinio pumpuravimosi rezultatams, atliktas pumpuravimosi testas, lyginant svilintą ir nesvilintą lininį / šilkinį audinį, dažytus gaminių departamente (3.4 paveikslas).

Iš 3.4 paveikslo galima matyti, jog dažyto audinio be svilinimo pumpuravimosi balai tolygiai mažėja po kiekvieno ciklų skaičiaus, o dažyto audinio su papildoma svilinimo apdaila pačioje dilinimo pradžioje (po 125 ciklų) susipumpuruoja šiek tiek daugiau negu nesvilintas audinys, bet po 500 dilinimo ciklų pumpuravimosi balas išlieka toks pats. Po 1000 ir 2000 dilinimo ciklų svilinto ir nesvilinto lininio / šilkinio audinių pumpuravimosi balai yra vienodi. Tai įvertinus galima teigti, jog svilinimas pagerina pumpuravimosi balą iki tam tikro ciklų skaičiaus. Svilinimo apdailą galime naudoti, norint suteikti geresnes vartojamąsias savybes dėvėjimo pradžioje.



**3.4 pav.** Dažyto ir dažyto su svilinio apdaila lininio / šilkinio audinio pumpuravimosi nustatymo testo vertinimas (B diagrama)

Vertinant tai, jog svilinio metu yra veikiamas audinio paviršius, o jį nusvilinus pašalinamas paviršinis susidaręs pūkas, svilintus audinius galima naudoti skaitmeniniam marginimui. Toliau pateikti pigmentinio ir aktyvinio skaitmeniniu būdu margintų lino / šilko audinių pumpuravimosi testų rezultatai (3.5 paveikslas).



**3.5 pav.** Sviltintų ir margintų aktyviniais ir pigmentiniais rašalais skaitmeniniu būdu lininio / šilkinio audinių pumpuravimosi nustatymo testo vertinimas










Sviltintų ir margintų lininių / šilkinų audinių pumpuravimosi rezultatai po 125 ciklų nebuvo vienodi. Aktyviniais rašalais margintas audinys susipumpuravo iki 3,5 balo, tuo tarpu pigmentinio marginimo audinio rezultatas buvo geresnis ir siekė 4 pumpuravimosi balus. Tačiau marginant aktyviniais dažais ir lyginant rezultatus po 500, 1000 ir 2000 ciklų, matomas vienodas įvertinimo balas. Tuo tarpu esant pigmentiniam marginimui, po 125 ir 500 dilinimo ciklų pumpuravimosi balas tolygiai mažėja, o esant 1000 ir 2000 ciklų, pumpuravimosi balas išlieka toks pats ir jis tampa vienodas su aktyvinio marginimo audinio balu. Aktyvinio ir pigmentinio marginimo audinių pumpuravimosi eigos skirtumus lėmė dažiklių tipas. Aktyviu būdu margintas audinys dažiklį sugeria į vidinę audinio dalį, kadangi audinys jau būna įmirkytas specialiame marginimui skirtame cheminių medžiagų tirpale, ir tai leidžia dažams fiksuotis audinyje. Pigmentiniu būdu margintas audinys yra padengiamas paviršiniu sluoksniu. Kadangi pigmentiniai rašalai savo sudėtyje turi rišiklį, juos padengus ir užfiksavus, audinio paviršiuje sukuriama papildomas sluoksnis, kuris gali veikti kaip apsauginis ir taip pagerinti pumpuravimosi rezultatus, lyginant su neapdirbtu tokiu pat audiniu. Nors ir pigmentiniu rašalu, kuris sukuria audinio paviršinį sluoksnį, margintas audinys yra pranašesnis, lyginant su

aktyviniu rašalu margintu audiniu, šis efektas matomas tik iki 500 ciklų žymės. Perkopus 1000 ciklų, abiem būdais margintų audinių pumpuravimosi rezultatai susilygina ir siekia 3 balus. Tai yra 0,5 balo daugiau nei žaliavinio audinio galutinis rezultatas po 2000 ciklų. Galima teigti, kad skaitmeniniu marginimo būdu padengtas paviršius pagerina pumpuravimosi balą.

Žemiau pateiktoje 3.13 lentelėje matomi vaizdiniai audinių pumpuravimosi rezultatai prieš Martindale'o pumpuravimosi testą, po 500 ciklų ir galutinį vaizdą po 2000 ciklų.

Dilinimo pradžioje audinio paviršius susipūkuoja, po to pradeda formotis pavieniai pumpurėliai, kurių, toliau dilinant audinį, vis daugėja, kol dilinimo pabaigoje audinys stipriai susipūkuoja ir susiformavę pumpurėliai padengia beveik visą audinio paviršių. Tiriamasis audinys yra struktūrinis, todėl po taikytų apdailų struktūrinės zonos išryškėja, dilinimo metu šiose zonose pumpurėlių susidaro daugiau, lyginant su lygiosiomis zonomis, nors žalio audinio, kurio struktūra dar nėra išryškėjusi ir tiriamasis audinys yra sąlyginai lygus, išryškėja labai panaši tendencija – struktūrinės zonos linkusios formuoti pumpurėlius intensyviau nei ne struktūrinės zonos.

3.13 lentelė. Lininio / šilkinio audinio pumpuravimosi nustatymo testo vaizdiniai rezultatai

| Vaizdas prieš testą   | Vaizdas po 500 ciklų   | Vaizdas po 2000 ciklų   |
|---|--|---|
| Žalias lininis / šilkinis audinys be apdailos                                       |  |   |
|   |   |   |
| Gaminių departamente dažytas lininis / šilkinis audinys                             |  |   |
|  |  |  |
| Žalias lininis / šilkinis audinys po svilinimo apdailos                             |  |   |
|  |  |  |



| Gaminių departamente dažytas lininis / šilkinis audinys po sivilinimo apdailos      |  |   |
|---|--|---|
|    |    |    |
| Pigmentiniu rašalu margintas lininis / šilkinis audinys                             |  |   |
|    |    |    |
| Aktyviniu rašalu margintas lininis / šilkinis audinys                               |  |   |
|  |  |  |
















### 3.5.2 Spalvos atsparumų sausai, šlapiai trinčiai bei skalbimui ir prakaitui rezultatai, pH vertės

Tiek dažytiems, tiek margintiems audiniams yra aktualios spalvos atsparumo įvairiems poveikiams savybės. 3.14 lentelėje pateikti pagal LST EN ISO 105-X12:2016 standartą nustatyti spalvos atsparumai šlapiai ir sausai trinčiai, taip pat pagal LST EN ISO 105-C06 standartą nustatytas spalvos atsparumas skalbimui ir pagal LST EN ISO 105-E04 standartą audinio spalvos atsparumas prakaitui. Vertinimai atlikti, naudojantis pilkąja skale. Rezultatai vertinami aukštais balais – išskyrus šlapią trintį, visi bandiniai įvertinti 5 balais. Skiriasi tik šlapios trinties rezultatas.

Spalvos atsparumas šlapiai trinčiai lininiams audiniams, ypač tamsių spalvų, yra opi problema. Kai kurie dažų gamintojai savo receptūrų rekomendacijose nurodo, kad aukščiausias įmanomas pasiekti spalvos atsparumo šlapiai trinčiai balas gali būti iki dviejų arba trijų. Šiuo atveju skaitmeniniu būdu marginti audiniai buvo vertinami 4 balais, įprastu būdu dažytas tiriamasis audinys gaminių departamente vertinamas 3 balais. Šie balai leidžia įsitikinti, jog apdailos gamybos metu naudoti parametrai, fiksuojant skaitmeniniu būdu margintus audinius, tiek fiksuojant garu aktyvinius rašalus, tiek fiksuojant aukštą temperatūrą pigmentinius rašalus, parinkti tinkamai.

Siekiant nustatyti atliktos apdailos kokybę, taip pat buvo atlikti ir pH verčių nustatymo testai pagal LST EN ISO 3071 standartą. Gautos vertės yra artimos neutraliai pH vertei, tai reiškia, kad pasirinkta technologinė seka ir neutralizacija po apdailų atlikta tinkamai. Rezultatai tenkina reikalavimus, ir šį produktą galima teikti vartotojui.

3.14 lentelė Lininio / šilkinio tiriamojo audinio atsparumų rezultatų ir vertinimų lentelė

| Tiriamasis audinys  | Šlapia trintis  | Sausa trintis   | Atsparumas prakaitui   | Atsparumas skalbimui  | pH vertė |
|---|---|---|--|---|----------|
| Gaminių departamente dažytas lininis / šilkinis audinys po sivilinimo apdailos      |   |   |  |   |          |
|    |    |    |    |    | 7,4      |
| Vertinimas  | 3   | 5   | 5  | 5   |          |
| Pigmentiniu rašalu margintas lininis / šilkinis audinys                             |   |   |  |   |          |
|   |   |   |   |   | 7,2      |
| Vertinimas  | 4   | 5   | 5  | 5   |          |
| Aktyviniu rašalu margintas lininis / šilkinis audinys                               |   |   |  |   |          |
|  |  |  |  |  | 7,1      |
| Vertinimas  | 4   | 5   | 5  | 5   |          |

### 3.5.3 Audinio santraukų metmenų ir ataudų kryptimis po skalbimo, minkštinimo, dažymo gaminių departamente rezultatai

Siuvant ir vartojant audinius ir gaminius iš jų, labai svarbu įvertinti audinių santraukas po apdailos ir skalbimo. Lininio / šilkinio audinio apdailos įtaka audinio santraukoms metmenų ir ataudų kryptimis nurodyta 3.16 lentelėje. Iš lentelės matyti, kad didžiausia santrauka tiek metmenų, tiek ataudų kryptimi pasižymėjo gaminių departamente dažyto lininio / šilkinio audinio rezultatai. Šiek tiek mažesnėmis santraukomis pasižymėjo tik išskalbtas ir minkštintas žalias audinys. O abiem būdais margintiems audiniams būdinga maždaug 3 kartus mažesnė santrauka po apdailos. Šiek tiek (apie 5 %) mažesnis pigmentiniu rašalu marginto audinio santraukos rezultatas metmenų ir ataudų kryptimis.

Tokias pačias tendencijas rodo ir audinio pločio pasikeitimai. Audiniams po apdailos susitraukus, tuo pačiu padidėjo ir audinių paviršinis tankis, kuris pakito nuo 20 % aktyvinio marginimo atveju iki 40 % skalbto ir minkštinto žalio audinio atveju.

3.16 lentelė Lininio / šilkinio tiriamojo audinio santraukų po skalbimo, minkštinimo, dažymo rezultatų lentelė

| Tiriamasis audinys                     | Žalias lininis / šilkinis audinys be apdailos   | Gaminių departamente dažytas lininis / šilkinis audinys | Pigmentiniu rašalu margintas lininis / šilkinis audinys | Aktyviniu rašalu margintas lininis / šilkinis audinys |
|--|---|---|---|---|
| Apdaila gaminių departamente           | Skalbimas / minkštinimas                        | Dažymas / minkštinimas                                  | Skalbimas / minkštinimas                                | Skalbimas / minkštinimas                              |
| Santraukos metmenų kryptimi            | -16 %   | -23 %   | -6,86 %   | -7,21 %   |
| Santraukos ataudų kryptimi             | -18,3 %   | -23,5 %   | -10,10 %  | -11,41 %  |
| Pradinis plotis / plotis po skalbimo   | 156,5 cm / 128,1 cm                             | 157,5 cm / 124,5 cm                                     | 144,1 cm / 129,5 cm                                     | 143,5 cm / 126,5 cm                                   |
| Svoris prieš skalb. / Svoris po skalb. | 116,4 g/m <sup>2</sup> / 186,1 g/m <sup>2</sup> | 114,1 g/m <sup>2</sup> / 181,1 g/m <sup>2</sup>         | 130,2 g/m <sup>2</sup> / 161,7 g/m <sup>2</sup>         | 126,2 g/m <sup>2</sup> / 157,9 g/m <sup>2</sup>       |

### 3.5.4 Audinio santraukos metmenų ir ataudų kryptimis po buitinio skalbimo rezultatai

Dėvint ir prižiūrint audinius ir iš jų pasiūtus gaminius, neišvengiamas yra jų skalbimas. Labai aktualu, kad išskalbto gaminio matmenys nepasikeistų, todėl svarbu yra ištirti audinio santraukas po buitinio skalbimo. 3.15 lentelėje pateikti visais anksčiau minėtais būdais apdorotų audinių santraukų po buitinio skalbimo tyrimų rezultatai. Iš lentelės matyti, kad vėlgi abiem būdais margintų audinių rezultatai maždaug 30 % mažesni negu tiesiog plauto natūralios spalvos audinio. Metmenų ir ataudų kryptimis lininio / šilkinio audinio rezultatai yra panašūs. Panašios yra ir audinio pločio pokyčio po skalbimo tendencijos. Audiniui po skalbimo susitraukus, jo plotis sumažėja, o paviršinis tankis padidėja. Šiuo atveju jis padidėja nuo 16 % aktyviniu rašalu margintam audiniui iki 34 % tik plautam ir minkštantam audiniui. Tai rodo, kad skaitmeninis marginimas pagerina audinio santraukas po apdailos abiem kryptimis.

3.15 lentelė Lininio / šilkinio tiriamojo audinio santraukų po buitinio skalbimo rezultatų lentelė

| Tiriamasis Audinys | Žalias lininis / šilkinis audinys be apdailos | Gaminių departamente dažytas lininis / šilkinis audinys | Pigmentiniu rašalu margintas lininis / šilkinis audinys | Aktyviniu rašalu margintas lininis / šilkinis audinys |
|--------------------|---|---|---|---|
|--------------------|---|---|---|---|

|  |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|
| Santraukos metmenų kryptimi            | -14,5 %   | +7,35 %   | -4,5 %  | -4,8 %  |
| Santraukos ataudų kryptimi             | -15,9 %   | +6,7 %  | -5,5 %  | -6,4 %  |
| Pradinis plotis / plotis po skalbimo   | 157,5 cm / 132,2 cm                             | 124,5 cm / 132,5 cm                             | 144,2 cm / 137,7 cm                             | 144,3 cm / 137,3 cm                             |
| Svoris prieš skalb. / Svoris po skalb. | 115,1 g/m <sup>2</sup> / 173,7 g/m <sup>2</sup> | 181,1 g/m <sup>2</sup> / 164,5 g/m <sup>2</sup> | 133,2 g/m <sup>2</sup> / 159,9 g/m <sup>2</sup> | 131,9 g/m <sup>2</sup> / 156,5 g/m <sup>2</sup> |

### 3.6 Oeko tex® standart 100 patikros rezultatas ir sertifikatas

3.6 paveiksle pateiktas *Oeko tex® standart 100* testų rezultatų apibendrinimas, tiriamiesiems audiniams suteikta antra produktų klasė, kuri patvirtina, jog TŪB „Klasikinė tekstilė“ apdailinti gaminiai ir audiniai atitinka ZDHC. Tai reiškia, kad audiniuose nėra jokių sveikatai pavojingų medžiagų, audiniai gali tiesiogiai kontaktuoti su oda. 3.7 paveiksle pateiktas tai patvirtinantis sertifikatas.

REPORT N° 2018OK1143



## CONCLUSIONS

The tested samples fulfil with the requirements of the Oeko-tex® Standard 100. Product class II ("Articles in direct contact with skin").

This report is necessarily supplemented by those issued by AITEX previously. For the annual prolongation, AITEX will edit a new certificate which will maintain the original number.

///

### 3.6 pav. Oeko tex® standart 100 rezultatų apibendrinimas

# CERTIFICATE

#### The company

**A. R. Baumilų TŪB "Klasikinė tekstilė"**  
Brastos g. 9  
47184 Kaunas, LITHUANIA

is granted authorisation according to STANDARD 100 by OEKO-TEX® to use the STANDARD 100 by OEKO-TEX® mark, based on our test report  
**2018OK1143**

**OEKO-TEX®**  
CONFIDENCE IN TEXTILES  
**STANDARD 100**



**2018OK1143 AITEX**

Tested for harmful substances  
www.oeko-tex.com/standard100



### 3.7 pav. Oeko tex® standart 100 sertifikatas



#### 4. Išvados ir rekomendacijos

1. Sukurtos lininio / šilkinio audinio dažymo ir skaitmeninio marginimo pigmentiniais ir aktyviniais rašalais apdailos technologinės eigos, sudarytos iš atitinkamai 10, 10 ir 14 technologinių operacijų, yra tinkamos lininiams / šilkiniams audiniams apdailinti.
2. Atlikus pumpuravimosi testą žaliai audiniui ir dažytam drabužių departamente, nustatyta, kad pumpuravimosi testo pradžioje (po 125 ciklų) dažyto audinio rezultatas buvo 0,5 balo geresnis nei žaliavinio audinio. Po 500 ir 1000 ciklų vertinimai siekė 3,5 abiem audiniams. Baigus pumpuravimosi testą, abu audiniai vertinami vienodai – po 2,5 balo.
3. Mechaninė apdaila (svilinimas) daro įtaką lininių / šilkininių audinių atsparumo pumpuravimuisi pobūdžiui ir eigai, tačiau nepakeičia galutinio atsparumo pumpuravimuisi balo. Dažyto audinio be svilinimo pumpuravimosi balai tolygiai mažėja po kiekvieno ciklų skaičiaus, o dažyto audinio su pumpuravimusi balas kinta lėčiau, kol dilinimo pabaigoje abiem atvejais pasiekia 2,5 balo. Svilinimo apdailą galima naudoti, norint suteikti geresnes vartojamąsias savybes dėvėjimo pradžioje.
4. Aktyviniais rašalais margintas audinys dilinimo pradžioje susipumpuravo iki 3,5 balo, tuo tarpu pigmentinio marginimo audinio rezultatas siekė net 4 balus. Tačiau marginant aktyviniais dažais ir rezultatai po 500, 1000 ir 2000 ciklų išlieka vienodi. Tuo tarpu esant pigmentiniam marginimui, po 125 ir 500 dilinimo ciklų pumpuravimosi balas tolygiai mažėja, o esant 1000 ir 2000 ciklų, pumpuravimosi balas išlieka toks pats ir susivienodina su aktyvinio marginimo audinio balu.
5. Aktyvinio ir pigmentinio marginimo audinių pumpuravimosi eigos skirtumus lemia dažiklio tipas. Kadangi marginant aktyviniais dažikliais, audinys būna įmirkomas specialiame cheminių medžiagų tirpale, tai dažiklis persigeria į vidinę audinio dalį, ir tai leidžia dažikliui fiksuotis audinyje. Pigmentiniu būdu margintas audinys yra padengiamas paviršiniu sluoksniu. Todėl audinio paviršiuje sukuriamas papildomas sluoksnis, kuris veikia kaip apsauginis ir pagerina pumpuravimosi rezultatus.
6. Audinio išvaizdai dilinimo metu įtakos turi audinio struktūra. Tiriamasis audinys yra struktūrinis, po apdailos išryškėja dvisluoksnės zonos. Dilinimo metu šiose zonose pumpurėlių susidaro daugiau, lyginant su lygiosiomis, nestruktūrinėmis, zonomis. Žalio audinio, kurio struktūra dar nėra išryškėjusi, gaunama labai panaši tendencija – struktūrinės zonos linkusios formuoti pumpurėlius intensyviau nei nestruktūrinės zonos.
7. Spalvos atsparumas įvairiems poveikiams, išskyrus šlapiai trinčiai, įvertinamas labai aukštais balais. Skaitmeniniu būdu marginti audiniai buvo vertinami 4 balais, dažytas gaminių departamente audinys vertinamas 3 balais. Šie balai leidžia įsitikinti, jog apdailos gamybos metu naudoti parametrai, fiksuojant skaitmeniniu būdu margintus audinius, parinkti tinkamai.
8. Gautos visų audinių pH vertės yra artimos neutraliai vertei. Tai reiškia, kad pasirinkta technologinė seka ir neutralizacija po apdailų atlikta tinkamai. Rezultatai tenkina reikalavimus, ir šį produktą galima teikti vartotojui.
9. Didžiausia santrauka metmenų ir ataudų kryptimi pasižymėjo gaminių departamente dažyto lininio / šilkinio audinio rezultatai. 5 % mažesnėmis santraukomis pasižymėjo išskalbtas ir minkštintas audinys. O abiem būdais margintiems audiniams būdinga maždaug 3 kartus mažesnė santrauka po apdailos. Tokias pačias tendencijas rodo ir audinio pločio pasikeitimai.

Audiniams po apdailos susitraukus, padidėjo ir audinių paviršinis tankis, kuris pakito nuo 20 % aktyvinio marginimo atveju iki 40 % skalbto ir minkštinto žalio audinio atveju.

10. Abiem būdais margintų audinių rezultatai maždaug 30 % mažesni negu dažyto ar tiesiog plauto natūralios spalvos audinio. Metmenų ir ataudų kryptimis lininio / šilkinio audinio rezultatai yra panašūs. Panašios yra ir audinio pločio pokyčio po skalbimo tendencijos. Audiniui po skalbimo susitraukus, jo plotis sumažėja, o paviršinis tankis padidėja. Šiuo atveju jis padidėja nuo 16 % aktyviniu rašalu margintam audiniui iki 34 % tik plautam ir minkštintam audiniui. Tai rodo, kad skaitmeninis marginimas pagerina audinio santraukas po apdailos abiem kryptimis.

## Literatūros sąrašas

1. K. MURUGESHBABU. *Silk (Second Edition) Processing, properties and applications*. The textile institute books series, 2019, Pages 175-206.
2. Y. TIAN, X.LIU, X. ZHENG, L. WANG. *Antimicrobial properties of flax fibers in the enzyme retting process*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2016, Vol. 24, 1(115).
3. N. LUXFORD. *Reducing the Risk of Open Display: Optimising the Preventive Conservation of Historic Silks*. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy December 2009.
4. N.M. MAHMOODI, F. MOGHIMI, M. ARAMI, F. MAZAHERI. *Silk Degumming Using Microwave Irradiation as an Environmentally Friendly Surface Modification Method*". *Fibers and Polymers*, vol. 11, no.2, pp. 234-240, 2010.
5. S. KUMAR GOSH, A. BARAN DAS, R. BHATTACHARYYA. *A Comparative Study on Fastness of Silk Fabric Dyed with Reactive Dye and Metal Complex Dye*. ISSN: 2277-9655 Scientific Journal Impact Factor: 3.449 (ISRA), Impact Factor: 2.114, November 2014.
6. J. BUNNELL. *Silk fibroin*. <https://www.tes.com/lessons/xgx8VfOSYlkF4w/silk-fibroin>.
7. Structure of sericin polypeptide. [https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-sericin-polypeptide-34\\_fig4\\_283887761](https://www.researchgate.net/figure/Structure-of-sericin-polypeptide-34_fig4_283887761).
8. J. SALMON-MINOTTTER RFRANK. *Bast and other fibers*. Woodhead Publishing Series in Textiles 2005, Pages 94-175.
9. Q. PAN, M. CHEN, Y. HU, B. ZUO. *System design for evenness measurment of raw silk*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2018, Vol. 26, 1(127).
10. E. MATYJAS-ZGONDEK, M. I. SZYNKOSWSKA, A. PAWLACCZYK, E. RYBCIKI. *Influence of bleaching stages and dyeing process on changes in a selected heavy metal content in flax fibers*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2012, Vol. 20, No. 2 (91).
11. A. BISMARCK. I. ARANBERRI-ASKARGORTA, J. SPRINGER, *Surface characterization of flax, hemp and cellulose fibers; surface properties and the water uptake behavior*. *Polymer composites*, october 2002, vol. 23, no. 5.
12. [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-hierarchical-structure-of-flax-from-plant-to-cellulose\\_fig11\\_321729570](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-the-hierarchical-structure-of-flax-from-plant-to-cellulose_fig11_321729570). Schematic representation of the hierarchical structure of flax-from plant to cellulose (Müssig & Hughes 2012).
13. A. MARIJA GRANARIC, N. RISTIC, A. TARBUK, I. RISTIC. *Elektrokinetic phenomena of cationised cotton and its dyeability with reactive dyes*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2013, Vol. 21, No. 6(102).
14. M. MIAO. *Engineering of high performance textiles*. The textile institute book series 2018, pages 59-79.
15. C. WAI KAN. *Electrokinetic study of water hardness during acid dyeing with silk*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe July / September 2008, Vol. 16, No. 3 (68).
16. MD. MAHBUBUL HAQUE. *A comparative study of enzyme (Bio-Polishing) pretreatment with singeing on cotton woven fabric*. IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE) e-ISSN: 2348-019X, p-ISSN: 2348-0181, Volume 4, Issue 5 (Sep. - Oct. 2017), PP 09-14.
17. A. K. ROY CHOUDHURY. *Textile preparation and dyeing*. Science publishers, 2006. Pages 138 -139.

18. A. BERNAVA, S. REIHMANE. *Usage of Enzymatic Bioprocessing for Raw Linen Fabric Preparing*. Textiles and Light Industrial Science and Technology (TLIST) Volume 2 Issue 3, July 2013.
19. B. KARACA, E. BOZACI, A. DEMIR, E. OZDOGAN, N. SEVENTEKKIN. *Effects of Enzymatic Treatments on Surface Morphology and Chemical Structure of Linen Fabrics*. Journal of Applied Polymer Science DOI 10.1002/app.
20. J. LONGAHONG M. XUACHUANG L. CUIAXIAO C. WEIAFENGCHENA AN-KUANGCHENG. *A novel plant for fabric rope dyeing in supercritical carbon dioxide and its cleaner production*. Journal of Cleaner Production Volume 65, 15 February 2014, Pages 574-582.
21. A. CAY, A. TANER OZGUNEY, A. YAVAS. *Application of Exergy Analysis to Textile Printing Process*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2012, Vol. 20, No. 6A (95).
22. J. S. R. WHEELER, S. W. REYNOLDS, S. LANCASTER, V. SANCHEZ ROMANGUEURA, S. G. YEATERS. *Polymer degradation and stability*. Volume 105, July 2014, Pages 116-121.
23. B.TAWIAH, E. K. HOWARD, B. K. ASINYO. *The chemistry of inject inks for digital textile printing - review*: International Journal of Management, Information Technology and Engineering (BEST: IJMITE) ISSN (P): 2348-0513, ISSN (E): 2454-471X, Vol. 4, Issue 5, May 2016, 61-78.
24. M. LI, L. ZHANG, Y. AN, W. MA, S. FU. *Relationship between silk fabric pretreatment, droplet spreading, and ink-jet printing accuracy of reactive dye inks*. J. APPL. POLYM. SCI. 2018, DOI: 10.1002/APP.46703.
25. M. AKAYDIN, Y. CAN. *Pilling Performance and Abrasion Characteristics of Selected Basic Weft Knitted Fabrics*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2010, Vol. 18, No. 2 (79).
26. A. RUHUL. R. RAFIGUL. *Analysis of pilling performance of different fabric structures with respect to yarn count and pick density*. Annals of the university of oradea facilities of textiles, leather work, May 2015.
27. R. BHALA, V. DHANDHANIA, A. P. PERIYASAMY. *Bio-finishing of fabrics*. Asian Dyer, August-September 2012 □ 49.
28. S. HOSSAIN. *Effect of singeing and heat setting on pilling properties of CVC single jersey knit fabric*. International journal of current engineering and technology, accepted 12 feb 2017.
29. A. M. GRANCARIC, N. RISTIC, A. TARBUK, I. RISTIC. *Electrokinetic phenomena of cationised cotton and its dyeability with reactive dyes*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2013, Vol. 21, No. 6(102).
30. B. DERBY. *Additive manufacture of ceramics components by inject printing*. Engineering 2015, 1(1): 113–123 DOI 10.15302/J-ENG-2015014.
31. S. SULTANA SHIMO, *Textile testing: pilling test of fabric*. Textile testing and quality control – 1, september 2, 2018.
32. M.A. SEIF, M.M. HIJI. *Evaluating the effect of seams on colour fastness properties of textile fabrics*. ISSN(P): 2250-2378; ISSN(E): 2319-4510 Vol. 6, Issue 1, Feb 2016, 1-14.
33. JINLIAN HU, *Fabric testing*, Woodhead publishing in textiles number 76, 2008.
34. J. JASINSKA. *Assessment of a fabric surface after the pilling process based on image analysis*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe 2(73). Lodz: Institute of Biopolymers and Chemical Fibres, 2009. p. 55-58.

35. E. S. DALBASH, G. OZCELIK KAYSERİ, A research about the effect of the antipilling treatments on different structured cotton knitted fabrics. *Tekstil ve konfeksiyon* 25(1), 2015.
36. A. DEMİROZ GÜN, B. DEMİRCAN, A. ACIKGOZ. Colour, abrasion and some colour fastness properties of reactive dyed plain knitted fabrics made from modal viscose fibres. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2014, Vol. 22, 5(107).
37. N. A. İBRAHİM, K. EL\_BADRY, B. M. EID, T.M. HASSAN. A new approach for biofinishing of cellulose-containing fabrics using acid cellulases. N.A. Ibrahim et al. / *Carbohydrate Polymers* 83 (2011) 116–12.
38. P. WANG, W. HONG, Y. DING, L. CUI, J. YUAN, Q. WANG, X. FAN, *Enzymatic polishing and reactive dyeing of cotton fabric in one bath*. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 2015, Vol. 23, 1(109).
39. E. KARAPINAR, M. O. SARRSIK, *Scouring of cotton with cellulases pectinases and proteases*. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* July / October 2004, Vol. 12, No. 3 (47).
40. D. P. CHATTOPADHYAY. *Salt-free reactive dyeing of cotton*. Published by Emerald Group Publishing Limited, Emerald Group Publishing Limited 2007.
41. G. P. Nair, *Methods and machinery for the dyeing process*. Handbook of textile and industrial dyeing, 2011.
42. S. A. SMIRITI, Islam Md A. *An Exploration on Pilling Attitudes of Cotton Polyester Blended Single Jersey Knit Fabric After Mechanical Singeing*. *Science Innovation*. 2015; March 10 doi: 10.11648/j.si.20150301.12 ISSN: 2328-7861 (Print); ISSN: 2328-787X (Online).
43. H. A. EL-DESSOUKI. *A Study on Abrasion Characteristics and Pilling Performance of Socks*. *International Design Journal*, 2010; 2.
44. V. R. SIVAKUMAR, K. P. R. PILLAY. *Study of Pilling in Polyester/Cotton Blended Fabrics*. *Indian Journal of Textile Research*. 1981; March: 22-27.
45. M. AKAYDIN, Y. CAN. *Pilling Performance and Abrasion Characteristics of Selected Basic Weft Knitted Fabrics*. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2010; 2(79): 51-54.
46. S. H. ABDEL-FATTAH, E. M. EL-KATİB. *Improvement of Pilling Properties of Polyester/wool Blended Fabrics*. *Journal of Applied Sciences Research*. 2007; 3(10): 1206-1209. INSİnet Publication.
47. H SHAKHAWAT. *Effect of Singeing and Heat Setting on Pilling Properties of CVC Single Jersey Knit Fabric*. *International Journal of Current Engineering and Technology*. 2017: 1. E-ISSN 2277 – 4106, P-ISSN 2347 – 5161.
48. S AYESHA, MD. U. NASİR, A. J. MOHAMMAD, N. A. NUR, KOWSHIK S. *Effects of Carded and Combed Yarn on Pilling and Abrasion Resistance of Single Jersey Knit Fabric*. *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering (IOSR-JPTE)* e-ISSN: 2348-019X, p-ISSN: 2348-0181. 2017; 2: 39-43.
49. H ZHICHAO, C. H. WENXING. *Preparation and Characterization of Hot Melt Copolyester (PBTI) Ultrafine Particles and Their Effect on the Anti-Pilling Performance of Polyester/Cotton Fabrics*. *Polymers*. 2018; 10: 1163. doi:10.3390/polym10101163,
50. R. FURFERI, L. GOVERNI, Y VOLPE. *Machine Vision-Based Pilling Assessment: A Review*. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2015; 3.
51. A. M. COLDEA, D. VLAD. *Study Regarding the Physical-Mechanical Properties of Knits for Garments – Pilling Performance*. *MATEC Web of Conferences*. 121, 01002 (2017). DOI: 10.1051/mateconf/201712101002